

بررسی سموم هپتاکلر، هپتاکلر اپوکسید و آلدترین در رسوب، ماکروبتوز و ماهی کاراس (*Carassius carassius*) در تالاب انزلی، ایران

- **مهشید کدخدایی الیادرنی***: گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، صندوق پستی: ۱۸۱-۱۹۷۳۵
- **پریسا نجات‌خواه‌معنوی**: گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، صندوق پستی: ۱۸۱-۱۹۷۳۵
- **عبدالرحیم وثوقی**: گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، صندوق پستی: ۱۸۱-۱۹۷۳۵

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۳

چکیده

آفت‌کش‌های آلی کلره از انواع آلاینده‌هایی هستند که به‌علت حلالیت بالا در چربی و پایداریشان در محیط زیست، قادر به تجمع در بدن موجودات زنده و انتقال از طریق زنجیره غذایی می‌باشند. در تحقیق حاضر میزان سموم هپتاکلر و هپتاکلر اپوکسید و آلدترین در رسوب، ماکروبتوز (شیرونومیده) و ماهی کاراس (*Carassius carassius*) در فصل بهار سال ۱۳۹۲، در ۸ ایستگاه (سه ایستگاه در غرب، دو ایستگاه مرکز و سه ایستگاه در شرق) واقع در غرب تالاب انزلی (بخش آبکنار) توسط دستگاه کروماتوگرافی گاز GC-MS ارزیابی شدند. در نمونه‌های رسوب و ماهی، سم هپتاکلر اپوکسید به‌ترتیب با میانگین $(6/0 \pm 4/42)$ ppb و $(0/4 \pm 0/09)$ بیش‌ترین میزان را از سموم مورد مطالعه داشتند و در نمونه‌های بنتوز (شیرونومیده) بالاترین میانگین را سم آلدترین با میانگین $(0/16 \pm 0/07)$ ppb به‌خود اختصاص داده است. در نمونه‌های رسوب، بیش‌ترین تجمع هر سه سم هپتاکلر، هپتاکلر اپوکسید و آلدترین در رسوب بخش شرقی آبکنار و در نمونه‌های ماهی بیش‌ترین تجمع این سموم در مرکز و شرق آبکنار بوده است. در نمونه‌های شیرونومیده بیش‌ترین تجمع سم هپتاکلر و آلدترین در غرب و مرکز آبکنار بوده است. روند غلظت سموم مورد بررسی در بخش‌های مختلف آبکنار به‌صورت غرب > مرکز > شرق ارزیابی گردید. در مقایسه با استانداردهای بین‌المللی، میزان هپتاکلر، هپتاکلر اپوکسید و سم آلدترین در رسوبات منطقه مورد مطالعه از استاندارد کشور کانادا (غلظت اثر آستانه) (TEC) بالاتر بوده در حالی که در نمونه‌های ماهی، غلظت هیچ‌کدام از سموم مورد بررسی بیش‌تر از میزان استاندارد اتحادیه اروپا (پارلمان اروپا) EU نبوده است. غلظت کلیه سموم در نمونه‌های بنتوز (شیرونومیده) از حد استاندارد (حد تعریف غلظت سم) LOQ پایین‌تر بودند. هم‌چنین اختلاف معنی‌داری در میزان سم هپتاکلر اپوکسید در رسوب و هپتاکلر در ماهی و آلدترین در شیرونومیده وجود داشت ($p < 0/05$). یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که در زنجیره غذایی (رسوب، شیرونومیده و ماهی کاراس)، بزرگ‌نمایی زیستی صورت گرفته است.

کلمات کلیدی: آفت‌کش‌های آلی کلره، تالاب انزلی، رسوب، ماهی (*Carassius carassius*)، شیرونومیده، گاز کروماتوگرافی



مقدمه

و همکاران، ۲۰۰۴). در دو مطالعه بر روی ماهیان و رسوبات تالاب انزلی، در نمونه‌های دو فصل زمستان و بهار، در بین سیکلودین‌ها اندوسولفان و هپتاکلر اپوکسید بیش‌ترین و آلدین کم‌ترین میزان را دارا بودند و غلظت سموم ارگانوکلره در مقایسه با PCBs بالاتر بوده است که این حاکی از غالب بودن فعالیت‌های کشاورزی نسبت به فعالیت‌های صنعتی در آن حوزه بوده است (جاودان‌خرد ۱۳۹۰؛ ۱۳۸۹). بنابراین راه یافتن این سموم به تالاب انزلی و تجمع آن‌ها در بدن جانوران سبب افزایش این ترکیبات در چرخه اکولوژیکی تالاب انزلی شده که این امر علاوه بر سلامت جانداران امنیت و بهداشت غذایی انسان‌ها را نیز به خطر می‌اندازد. لذا هدف از این مطالعه ارزیابی ترکیبات هپتاکلر، هپتاکلر اپوکسید و آلدین از سموم ارگانوکلره در رسوب، ماکروبنتوز و ماهی کاراس (*Carassius carassius*) و ارتباط و همبستگی میزان سموم در رسوب، ماکروبنتوز و ماهی کاراس می‌باشد. هم‌چنین غلظت آفت‌کش‌ها با استانداردهایی بین‌المللی مقایسه شده غلظت آفت‌کش‌ها در بخش‌های مختلف آب‌کنار مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق نمونه‌برداری از ۸ ایستگاه (سه ایستگاه در غرب، دو ایستگاه مرکز و سه ایستگاه شرق) واقع در منطقه غرب تالاب انزلی (آب‌کنار) در فصل بهار ۱۳۹۲ انجام گرفت. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها به‌کمک دستگاه GPS ثبت گردید (شکل ۱). نمونه‌برداری با سه بار تکرار از ماکروبنتوز و نیز رسوبات سطحی از عمق ۵ سانتی‌متر با استفاده از دستگاه غرب صورت گرفت و سپس از الک ۰/۵ میلی‌متری برای جداسازی ماکروبنتوزها استفاده شد و نمونه‌برداری از ماهی کاراس با استفاده از تور ماشک یا سالیک صورت گرفت و اطلاعات زیست‌سنجی آن‌ها (متوسط طول بدن ماهیان ۱۰/۲۰ سانتی‌متر و متوسط وزن بدن ماهیان ۶۶/۵۵ گرم) ثبت و سپس نمونه‌ها در شرایط خنک و درون یخدان حاوی یخ به آزمایشگاه انتقال داده شد. لازم به ذکر است که در هر ایستگاه اسیدپته آب توسط pH Meter و هدایت الکتریکی آب و دما توسط دستگاه EC Meter هم‌زمان با نمونه‌برداری انجام شد.

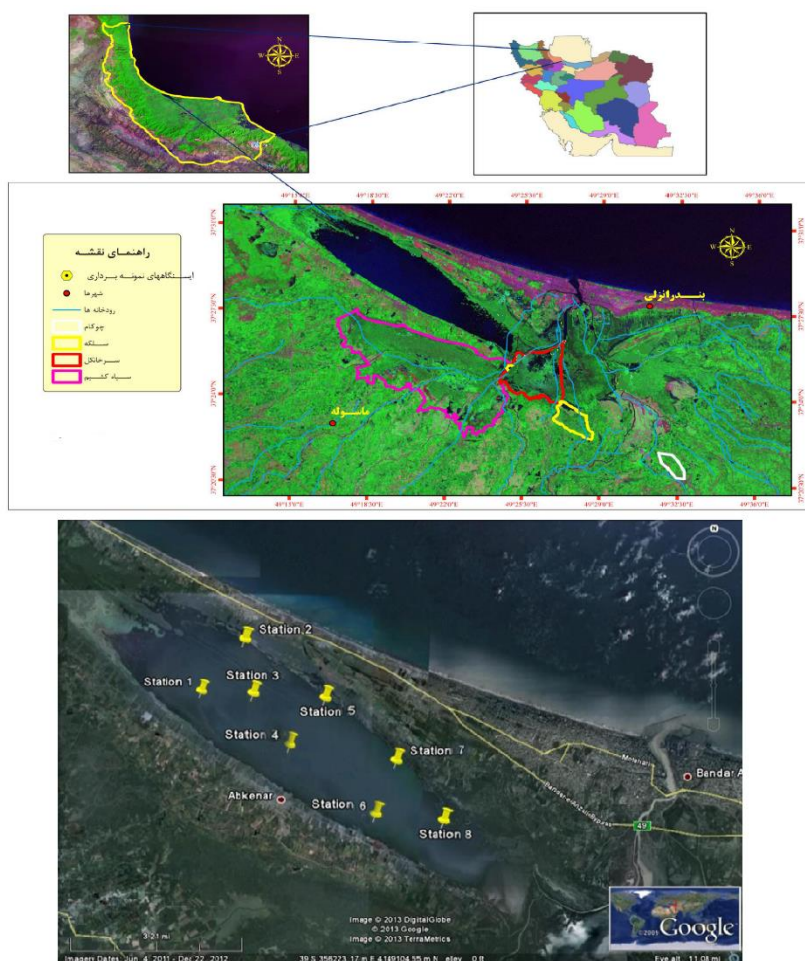
رشد جمعیت انسان منجر به رشد صنعت، افزایش فعالیت‌های کشاورزی و دیگر فعالیت‌های انسانی شده است که باعث ورود آلاینده‌ها به محیط زیست می‌شود. در میان آلاینده‌های زیست محیطی نگرانی اصلی در مورد آلاینده‌های آلی پایدار می‌باشد که به اختصار (POPs) خوانده می‌شود (Sudaryanto, ۲۰۰۷). آلاینده‌های آلی کلردار از جمله، آفت‌کش‌های ارگانوکلره (OCPs) مهم‌ترین گروه از آلاینده‌های آلی پایدار هستند که به‌دلیل ویژگی بزرگ‌نمایی زیستی و اثرات سمی آن‌ها در محیط زیست باعث نگرانی جهانیان شده‌اند (Covaci, ۲۰۰۵؛ Law, ۲۰۰۳). آفت‌کش‌های آلی کلره در ساختار شیمیایی خود دارای اتم کربن آلی هستند که با اتم‌های مختلف دیگر پیوند یافته‌اند. اکثراً ترکیباتی چربی‌دوست بوده و در بافت‌های بدن جانوران و خصوصاً انسان تجمع می‌یابند، به‌همین دلیل دفع سریع آن‌ها از بدن به‌ندرت صورت می‌گیرد. این ترکیبات دارای دامنه سمیت بالا بوده و ترکیباتی پایدار هستند که به‌کندی متابولیزه می‌شوند و مدت زمانی که این ترکیبات در محیط باقی می‌مانند بسیار طولانی است (طالبی‌جهری، ۱۳۸۶؛ Sankar, ۲۰۰۶؛ Grudzyev, ۱۹۸۸). این ترکیبات به سه گروه اصلی DDT^۱ و ترکیبات آن، حشره‌کش‌های سیکلودین (کلردان، هپتاکلر، آلدین، دی‌آلدین، اندوسولفان و...) و HCH^۲ و ایزومرهای آن تقسیم می‌شوند (داوودی و همکاران، ۱۳۸۸؛ واکر، ۲۰۰۱). حجم بالای فعالیت‌های کشاورزی در شمال کشور و مصرف ۶۰ درصد کل آفت‌کش‌ها در اطراف تالاب انزلی که یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های ایران و جهان می‌باشد، حفاظت از آن را درمقابل انواع آلاینده‌های زیست محیطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار کرده است (Heidari, ۲۰۰۳).

تالاب انزلی یکی از ۱۰ تالاب ارزشمند جهان است که از سال ۱۳۵۴ تحت پوشش کنوانسیون رامسر قرار دارد و دارای ۴ حوضچه مشخص شرقی، مرکزی، غربی و سیاه کشیم است. این تالاب مهم‌ترین زایشگاه جنوبی ماهیان دریایی خزر است (موسوی، ۱۳۸۱) و به‌علت همجواری با شهر انزلی به‌همین نام خوانده می‌شود (سرتاج و همکاران، ۱۳۸۴). ماهیان مسیر اصلی ورود این آلاینده‌ها به بدن می‌باشد و رسوبات نیز یکی از مهم‌ترین مکان‌ها برای ته‌نشست این سموم در محیط‌های آبی و ابزاری قابل اعتماد برای ارزیابی آلودگی هستند (Mora, ۲۰۰۴؛ voorspoels,

^۱ DDT = Dichloro diphenyl trichloroethane

^۲ HCH = Hexachlorocyclohexanes





شکل ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری در غرب تالاب انزلی، بهار ۱۳۹۲

نرمال کردن آن‌ها وجود نداشت، برای مقایسه کلی داده‌ها به منظور بررسی اختلاف معنی دار در میزان سم، آزمون ناپارامتریک Kruskal-Wallis مورد استفاده قرار گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون من ویتنی یو استفاده شد. به منظور محاسبه ضریب همبستگی، در صورت نرمال نبودن داده‌ها از آزمون همبستگی ناپارامتریک اسپیرمن و در صورت نرمال بودن داده‌ها از آزمون همبستگی پیرسون استفاده گردید است.

نتایج

نتایج نشان داد که، بیشترین مقدار میانگین سم ارگانوکلره در رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه متعلق به هپتاکلر اپوکسید ppb (۴۲/۴±۶/۰۱) بوده است. دیگر سموم مورد بررسی در این تحقیق یعنی آلدین و هپتاکلر با مقدار میانگین ppb (۳۶/۲±۲/۷۴) و ppb (۱۰/۲±۲/۵۶) در رتبه دوم و

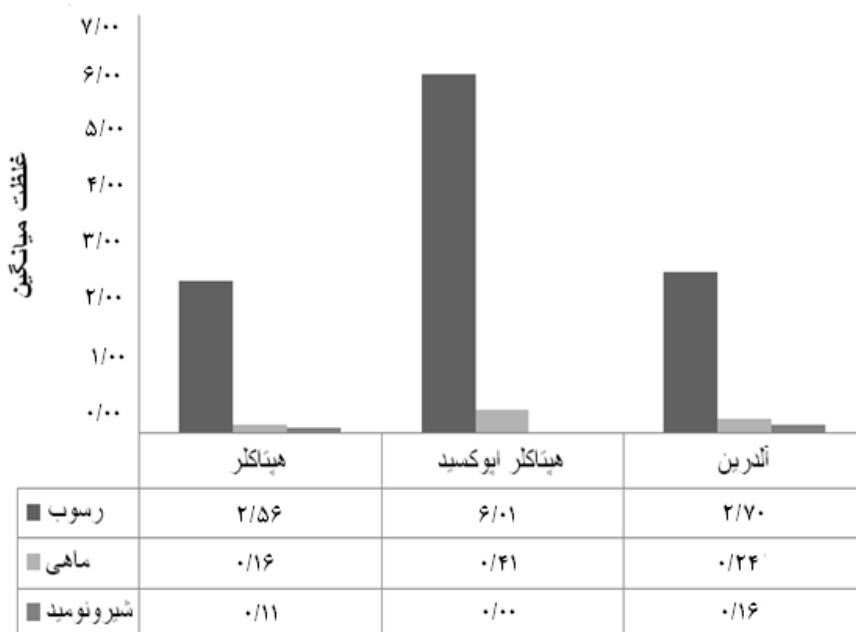
آنالیز نمونه‌ها: آنالیز سموم ارگانوکلره در نمونه‌های رسوب، ماهی و بنتوز با روش MOOPAM (۱۹۹۹) و به وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی جرمی مدل GC 7890N، شرکت سازنده Agilent و محصول کشور آمریکا با دتکتور مدل MS 5975C، عمل یونیزاسیون به روش، (Electron Ionization) EI و مجهز به ستون کاپیلاری HP-5MS به طول ۳۰ متر و قطرستون ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر انجام گرفته است.

روش تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل آماری با نرم افزار SPSS (Version 20) انجام گردید. به منظور بررسی اختلاف معنی دار در مقدار سموم مورد نظر در ایستگاه‌های مختلف از آزمون One Way ANOVA استفاده گردید. در صورت نرمال بودن داده‌ها ابتدا توسط آزمون Shapiro-Wilk مورد بررسی قرار گرفت و در صورت نرمال نبودن توسط روش لگاریتمی نرمال گردیدند. در مواردی که داده‌ها نرمال نبود، یا امکان



(شیرونومیده) در ایستگاه‌های مورد مطالعه به ترتیب با میانگین 0.11 ± 0.08 ppb و 0.16 ± 0.07 ppb پایین بودند که بیش‌ترین مقدار مربوط به سم آلدترین بود. غلظت سم هپتاکلر اپوکسید در نمونه‌های شیرونومیده کم‌تر از حد شناسایی دستگاه (1 ppb) بوده است. غلظت هر کدام از این سموم در شکل ۲ آمده است.

سموم قرار داشتند. مقدار میانگین سموم ارگانوکلره آلدترین، هپتاکلراپوکسید و هپتاکلر موجود در بافت ماهی در مجموع ایستگاه‌های مورد مطالعه در تحقیق حاضر به ترتیب 0.26 ± 0.13 ppb، 0.41 ± 0.09 ppb و 0.15 ± 0.04 ppb می‌باشد که در این بین سم هپتاکلراپوکسید بیش‌ترین میزان را به خود اختصاص داده است. هم‌چنین مقدار سموم ارگانوکلره هپتاکلر و آلدترین اندازه‌گیری شده در نمونه‌های ماکروبتوز

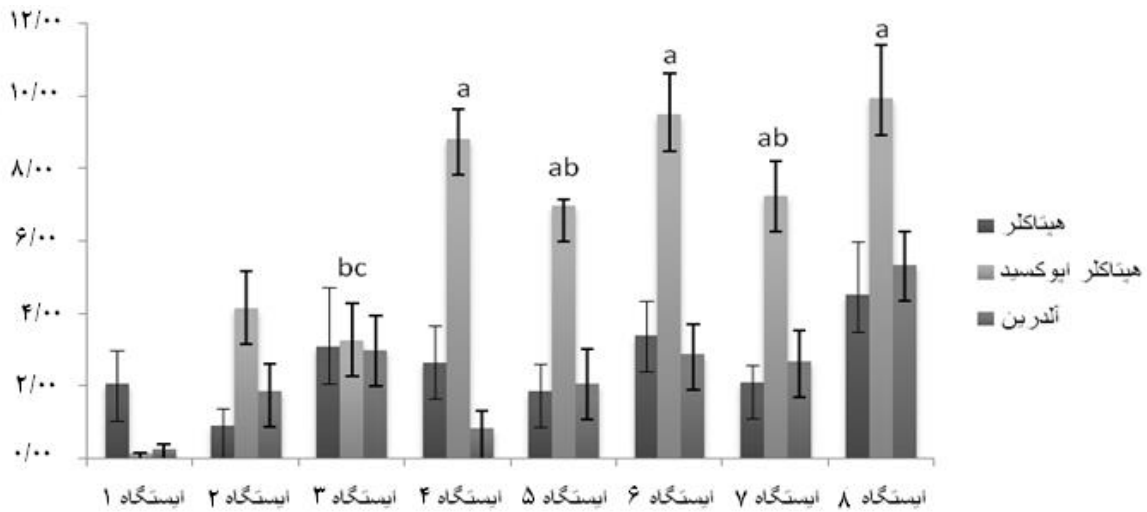


شکل ۲: غلظت سموم کشاورزی ارگانوکلره در رسوبات، ماهی و بنتوز (شیرونومید) در کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه برحسب نانوگرم بر گرم وزن تر در بخش غربی تالاب انزلی (آبکنار) در بهار ۱۳۹۲

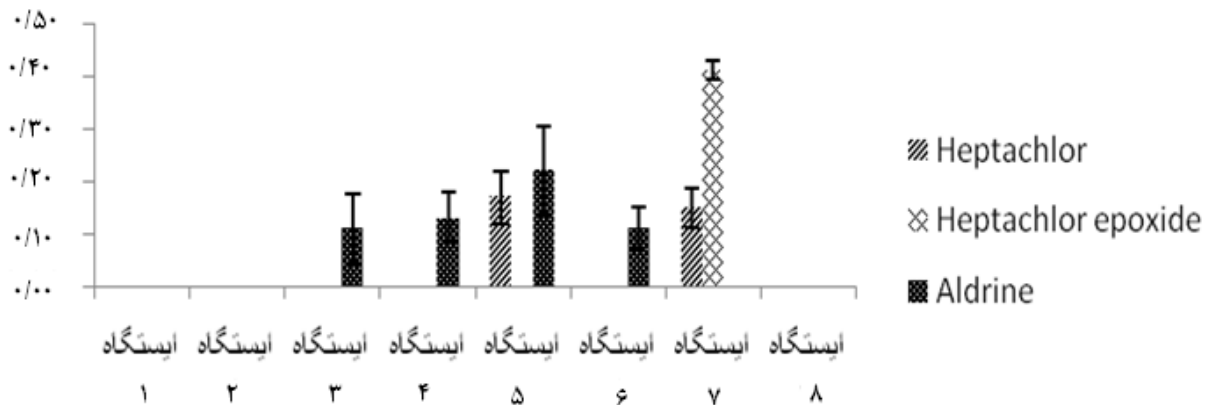
نتایج آزمون One Way ANOVA، تنها سم هپتاکلراپوکسید در نمونه‌های رسوبات، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در ایستگاه‌های مختلف بود ($p < 0.05$). سموم هپتاکلر، هپتاکلراپوکسید و آلدترین تنها در بافت عضله نمونه‌های ماهی مربوط به ایستگاه‌های ۵، ۷، ۵ (مرکز و شرق آبکنار) به ترتیب با میانگین غلظت (0.17 ± 0.05) ، (0.41 ± 0.13) ، (0.22 ± 0.08) ppb مشاهده گردید ولی در بیش‌تر ایستگاه‌ها میزان سموم کم‌تر از حد شناسایی دستگاه (1 ppb) بود (شکل ۴).

نتایج آزمون One Way ANOVA، تنها اختلاف معنی‌دار در مقدار سم هپتاکلر در نمونه‌های ماهی ایستگاه‌های مختلف بود ($p < 0.05$).

مقایسه سموم هپتاکلر، هپتاکلراپوکسید و آلدترین در بین ایستگاه‌ها: براساس شکل ۳ میزان غلظت هر یک از سموم هپتاکلر، هپتاکلر اپوکسید و آلدترین را در نمونه‌های رسوبات نشان داده شده است. به‌طور کلی هر سه سم هپتاکلر، هپتاکلراپوکسید و آلدترین در نمونه‌های رسوب در بخش شرقی (ایستگاه ۸)، به ترتیب با غلظت میانگین 0.49 ± 0.48 ppb، 1.48 ± 0.91 ppb و 0.32 ± 0.92 ppb بیش‌ترین مقدار را داشتند. کم‌ترین مقدار سم هپتاکلر با غلظت میانگین 0.89 ± 0.47 ppb در ایستگاه ۲ و سموم هپتاکلراپوکسید و آلدترین به ترتیب با میانگین 0.14 ± 0.11 ppb، 0.26 ± 0.13 ppb، در ایستگاه ۱ مشاهده گردیده است.



شکل ۳: میزان سموم هپتاکلر، هپتاکلراپوکسید و آلدترین در نمونه‌های رسوب ۸ ایستگاه مورد مطالعه بر حسب نانوگرم بر گرم در بخش غربی تالاب انزلی (آبکنار) در بهار ۱۳۹۲
حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌های مختلف در میزان سم است ($p < 0.05$)

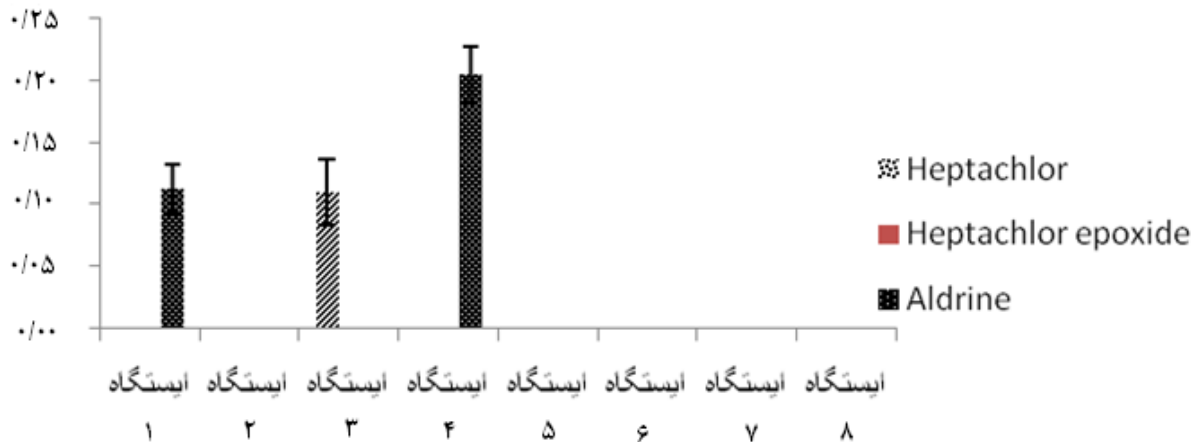


شکل ۴: میزان سموم هپتاکلر، هپتاکلراپوکسید و آلدترین در نمونه‌های عضله ماهی ۸ ایستگاه مورد مطالعه بر حسب نانوگرم بر گرم در بخش غربی تالاب انزلی (آبکنار) در بهار ۱۳۹۲

ANOVA، تنها اختلاف معنی‌دار در مقدار سم آلدترین در نمونه‌های ماکروبن‌توز (شیرونومیده) ایستگاه‌های مختلف بود، ($p < 0.05$) (شکل ۵).

بیش‌ترین میزان سموم هپتاکلر و آلدترین در نمونه‌های ماکروبن‌توز (شیرونومیده) به ترتیب در ایستگاه‌های ۳ و ۴ (غرب و مرکز آبکنار) با میانگین 0.11 ± 0.02 ppb، 0.20 ± 0.02 ppb و 0.20 ± 0.02 مشاهده گردید. برطبق نتایج آزمون One Way





شکل ۵: میزان سموم هپتاکلر، هپتاکلر اپوکسید و آلدترین در نمونه‌های ماکروبتوز (شیرونومیده) ۸ ایستگاه مورد مطالعه بر حسب نانوگرم بر گرم در بخش غربی تالاب انزلی (آبکنار) در بهار ۱۳۹۲

بحث

ترکیبات اهمیت دارند. مولکول‌های ترکیبات آلی از جمله آفت‌کش‌ها برای جذب شدن در سطح کلوئیدهای خاک و رسوبات با آب رقابت می‌کنند و ترکیبات آب‌گریز با پیوند محکمی جذب کلوئیدها می‌شوند در نتیجه در خاک و رسوبات بدون تحرک و جابه‌جایی خواهند بود (طالبی‌جهرمی، ۱۳۹۰). احتمالاً وجود مواد کلوئیدی بیش‌تر در منطقه شرقی، دلیلی دیگر در خصوص افزایش سموم در این منطقه است. بعضی حشره‌کش‌های آلی کلره، یا متابولیت‌های پایدار آن‌ها، نیمه عمرهای زیستی بسیار طولانی و پایداری بسیار زیاد در محیط زیست دارند. هپتاکلر اپوکسید متابولیت پایدار هپتاکلر است با این وجود توانایی ماندگاری بیش‌تری در محیط داشته است (واکر، ۲۰۰۱). تحقیق حاضر بیانگر بالا بودن غلظت میانگینی سم هپتاکلر اپوکسید نسبت به سم هپتاکلر در تمام ایستگاه‌ها به غیر از ایستگاه ۱ می‌باشد. به‌طور کلی می‌توان بیان کرد سم هپتاکلر در طبیعت در اثر واکنش اکسیداسیون در فرایند تجزیه حلقه‌های آروماتیک به هپتاکلر اپوکسید که ایزومری با پایداری بالا و سمیت بیش‌تر است تبدیل می‌شود (رخشانی، ۱۳۸۴؛ اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). تقریباً در قسمت جنوبی تالاب غربی روستایی به نام گرکان واقع است که طبق آمار اداره کشاورزی انزلی دارای زمین‌های برنج‌کاری، صیفی‌کاری و... است و توسط رود گرکان رودبار (که این رودخانه از جنگل می‌گذرد)، از طریق سه انشعاب شیله سر-کچلک و صافخاله، با تالاب غرب (آبکنار) در ارتباط است (طویلی، ۱۳۸۳). باتوجه به مطالب گفته شده، بخشی از آلاینده‌های کشاورزی این روستا توسط این سه انشعاب وارد بخش غربی تالاب انزلی (آبکنار) می‌گردد. احتمالاً

در این تحقیق، در نمونه رسوبات، حداکثر میزان هپتاکلر، هپتاکلر اپوکسید و آلدترین در منطقه شرقی (ایستگاه ۸) و به ترتیب ۴/۴۹±۱/۴۸، ۹/۹۱±۱/۴۸ و ۵/۳۲±۰/۹۲) گزارش شد. کم‌ترین میزان هپتاکلر در ایستگاه ۲ (ایستگاه غربی) (۰/۸۹±۰/۴۷) و کم‌ترین میزان هپتاکلر اپوکسید و آلدترین در ایستگاه ۱ و به ترتیب (۰/۱۴±۰/۰۱) و (۰/۲۶±۰/۱۳) به دست آمد (شکل ۳). با ذکر این مطلب که بخش شرقی منطقه آبکنار (ایستگاه ۸) در دهانه رودخانه قرار دارد و ورودی‌ها به این منطقه نسبت به منطقه مرکز و غرب آبکنار بیش‌تر است (جاودان‌خرد، ۱۳۸۹) و همچنین همه ساله مقدار زیادی آفت‌کش از طرق مختلف به محیط راه پیدا می‌کنند و تالاب انزلی توسط ۲۵ رودخانه اصلی و فرعی تغذیه می‌شود که ۵۲ درصد آن به بخش مرکزی کل تالاب انزلی، که بیش‌ترین میزان ورودی است می‌ریزد (طالبی‌جهرمی، ۱۳۹۰)، ورود پساب‌های کشاورزی و شهری و همچنین رسوب‌گذاری بیش از حد مواد رسوبی سبب کاهش عمق آب تالاب و انواع آلودگی می‌شود (بهروزی‌راد، ۱۳۸۷).

انباشتگی مقدار زیادی مواد رسوبی از زمین‌های کشاورزی اطراف در این ایستگاه علاوه بر کاهش عمق احتمالاً دلیلی بر افزایش سموم ارگانوکلره در بخش شرقی (ایستگاه ۸) بوده است. از سوی دیگر پایداری و جابه‌جایی آفت‌کش‌ها در داخل رسوب اهمیت خاصی دارد. کلوئیدها در خاک و رسوبات به علت اندازه کوچک و افزایش نسبت سطح به حجمشان از نظر جذب

آلدین در مطالعه حاضر نسبت به تحقیق ذکر شده در سال ۱۳۸۹، افزایش پیدا کرده و فراتر از حد استاندارد کانادا شده است. در واقع همان گونه که نتایج نشان می‌دهد، وجود زمین‌های کشاورزی بالاترین تاثیر را در میزان سم هیتاکلر، هیتاکلر اپوکسید و آلدین استفاده شده دارد که با یافته‌ها و نتیجه‌گیری کشاورزی فرد و همکاران (۱۳۸۶) در رسوبات سواحل جنوبی دریای خزر، Mora و همکاران (۲۰۰۴) بر روی رسوبات سواحل دریای خزر و Adeboyejo و همکاران (۲۰۱۱) در رسوبات تالاب نیجریه مطابقت نشان می‌دهد.

دلیل بیش‌تر بودن سم هیتاکلر نسبت به سم هیتاکلر اپوکسید در ایستگاه ۱ در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها، علی‌رغم منع مصرف سم هیتاکلر در سال ۱۹۸۸، استفاده آن به تازگی در این خطه بوده باشد. میزان کل سموم ارگانوکلره مورد مطالعه در تحقیق حاضر برای سم هیتاکلر $(2/56 \pm 2/10)$ ppb، برای سم هیتاکلر اپوکسید $(6/01 \pm 4/42)$ ppb و برای سم آلدین $(2/74 \pm 2/36)$ ppb به دست آمد که از استاندارد بین‌المللی کانادا TEC بالاتر بوده‌اند (جدول ۱). در مقایسه با مقدار سم هیتاکلر اپوکسید در تحقیق جاودان‌خرد و همکاران (۱۳۸۹) نیز هم‌چنان به مقدار زیاد و فراتر از حد استاندارد کانادا بوده است. میزان سم

جدول ۱: مقایسه مقادیر به‌دست آمده در تحقیق حاضر با استانداردهای بین‌المللی

(Skretting Australia Residue Monitoring, ۲۰۱۳؛ Wasswa و همکاران، ۲۰۱۱؛ Gorni و Weber, ۲۰۰۴)

LOQ (ppb)	استاندارد اتحادیه اروپا (ppm)	نتایج تحقیق حاضر			
		استاندارد کانادا TEC (ppb)	Ppb (min±SD)		
-	-	۱	۲/۵۶±۲/۱۰	هیتاکلر	
-	-	۲/۴۷	۶/۰۱±۴/۴۲	هیتاکلر اپوکسید	رسوب
-	-	۲	۲/۷۴±۲/۳۶	آلدین	
-	۰/۰۱	-	۰/۱۵±۰/۰۴	هیتاکلر	
-	۰/۰۱	-	۰/۴۱±۰/۰۹	هیتاکلر اپوکسید	ماهی کاراس
-	۰/۰۲	-	۰/۲۶±۰/۱۳	آلدین	
۰/۳	-	-	۰/۱۱±۰/۰۲	هیتاکلر	
۰/۴	-	-	ND	هیتاکلر اپوکسید	شیرونومید
۰/۴	-	-	۰/۲۰±۰/۰۲	آلدین	

TEC = Threshold effect concentration
LOQ = Limit of Quantification

به‌علت همه‌چیزخوار بودن، در مسیر حرکت خود تا ایستگاه‌های ذکر شده، در قسمت‌های دیگر نیز به تغذیه پرداخته و از این‌رو از موادغذایی آلوده به سموم نیز تغذیه کرده باشد و سپس وارد این منطقه شده است. از سوی دیگر رسوبات به‌عنوان یک مخزن برای آلاینده‌های پایدار عمل می‌کنند (طالبی‌چهرمی، ۱۳۸۶) با تعلیق دوباره رسوبات در اثر تلاطم آب و عبور ذرات معلق از آبشش ماهی ممکن است دسترسی بیولوژیکی آفت‌کش‌ها افزایش یابد و چون این سموم چربی‌دوست هستند، انباشتگی آن‌ها در بافت ماهی می‌تواند افزایش یابد (Kafilzadeh و همکاران، ۲۰۱۰؛ واکر، ۲۰۰۱).

در تحقیق حاضر در نمونه‌های ماهی سموم هیتاکلر، هیتاکلر اپوکسید و آلدین به ترتیب $(0/15 \pm 0/04)$ ppb، $(0/41 \pm 0/09)$ ppb و $(0/26 \pm 0/13)$ ppb به دست آمد که در

در خصوص نمونه‌های ماهی، بیش‌ترین میزان سموم هیتاکلر، هیتاکلر اپوکسید و آلدین به ترتیب در ایستگاه‌های ۵، ۷، ۵ (مرکز و شرق آبکنار) و با غلظت $(0/17 \pm 0/05)$ ppb، $(0/41 \pm 0/08)$ ، و $(0/22 \pm 0/08)$ و کم‌ترین میزان پایین‌تر از حد شناسایی دستگاه (< 1 ppb)، در بیش‌تر ایستگاه‌ها بوده است (شکل ۴). به‌طور کلی ماهیان به‌علت متحرک بودن در یک نقطه ساکن نبوده و دارای حرکت به نواحی مختلف هستند (Upadhi و Wokoma, ۲۰۱۲). هم‌چنین ماهی کاراس دارای قدرت تحمل قابل ملاحظه و گونه‌ای با قابلیت همه‌چیزخواری است و علاوه بر تغذیه از کفزیانی چون لارو شیرونومیده، از زئوپلانکتون، فیتوپلانکتون، لاروماهیان و سخت‌پوستان نیز تغذیه می‌کند (باقری و همکاران، ۱۳۸۹؛ عبدلی و نادری، ۱۳۸۷). بنابراین احتمالاً در تحقیق حاضر ماهی کاراس به‌علت متحرک بودن و



مقایسه با استاندارد اتحادیه اروپا کم‌تر بوده‌اند (جدول ۱). به‌طور مشابه در تحقیق انجام شده توسط جاودان‌خرد و همکاران (۱۳۹۰) بر روی ماهی کاراس در تالاب انزلی، مقدار سموم هپتاکلر اپوکسید و آلدین پایین‌تر از حد استاندارد اروپا بودند. هم‌چنین در تحقیق واعظ زاده و همکاران (۱۳۸۷) بر روی ماهی کپور (هم خانواده با ماهی کاراس) در شهر انزلی، مقدار سم هپتاکلر با میانگین 0.335 ppm ، بیش‌ترین میزان سموم اندازه‌گیری شده را به‌خود اختصاص داده است. درحالی‌که در تحقیق حاضر در نمونه ماهی در تالاب غرب (آبکنار)، سم هپتاکلر با میانگین 0.0015 ppm مقدار کم‌تری از تحقیق مذکور داشته است.

حداکثر میزان سموم هپتاکلر و آلدین در نمونه‌های بنتوز (شیرونومیده) به‌ترتیب در ایستگاه‌های ۳ و ۴ (غرب و مرکز آبکنار) با میانگین $0.11 \pm 0.02 \text{ ppb}$ ، $0.2 \pm 0.02 \text{ ppb}$ مشاهده گردید (شکل ۵). در تحقیق حاضر، خانواده شیرونومیده از راسته دیپترا، گروه غالب و تنها فون ماکرونتیکی به‌دست آمده در نمونه‌برداری‌ها در منطقه تالاب غرب (آبکنار) را تشکیل داده‌اند. مشابه نتایج پژوهش حاضر، قریب‌خانی و تابینا (۱۳۸۷) بیان کردند، ورود فاضلاب‌های کشاورزی و شهری، سبب ایجاد آلودگی و کاهش توان بنتوزی در منطقه شده است. لارو شیرونومیده نیز به‌دلیل قدرت تحمل بالایی که در شرایط افزایش آلودگی دارد، موجود غالب و شاخص آلودگی در منطقه محسوب می‌شود (طالبی‌جهرمی، ۱۳۸۶) با توجه به این که لارو شیرونومیده در اواسط بهار به‌تدریج به‌طرف بالای گیاهان ماکروفیت متمایل می‌شوند و از آن‌جا که اطراف تالاب به‌طور متوسط پوشیده از گیاهان آبی است، امکان تخم‌گذاری برای لارو حشرات مخصوصاً خانواده شیرونومیده را در لابه‌لای گیاهان فراهم می‌کند، که این موضوع سبب مهاجرت عمودی لاروها از رسوبات کف به طرف سطح آب می‌باشد (صلواتیان، ۱۳۹۰؛ Kornijow، ۱۹۹۲). بدین‌ترتیب تراکم لاروهای شیرونومیده در رسوبات بستر می‌تواند کم شود. با مقایسه نتایج تحقیق حاضر درخصوص سموم هپتاکلر و آلدین موجود در نمونه شیرونومیده با استاندارد LOQ (حد تعریف غلظت سم)، مقادیر سموم از حد مجاز استاندارد ذکر شده کم‌تر است (جدول ۱).

بنابراین تجمع زیستی ترکیبات ارگانوکلره در طبقات پائین زنجیره‌غذایی مانند بنتوزها و بعد از آن در طبقات غذایی بالاتر نشان می‌دهد که ترکیبات ارگانوکلره قادرند به‌دلیل خاصیت هیدروفوبی، در چربی بدن موجودات زنده تجمع و چند

برابر شوند و با توجه به نتایج حاصله در ایستگاه‌های مختلف در منطقه آبکنار در بحث زنجیره‌غذایی و بزرگ‌نمایی زیستی سموم مورد مطالعه، می‌توان بیان کرد که میانگین غلظت سم هپتاکلر، هپتاکلراپوکسید و آلدین تجمع یافته در عضله ماهی کاراس نسبت به میانگین غلظت این سموم در لارو شیرونومیده بیش‌تر بوده است. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که در زنجیره غذایی (رسوب، شیرونومیده و ماهی کاراس)، بزرگ‌نمایی زیستی صورت می‌گیرد. یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج Wang و همکاران (۲۰۰۹) که نشان‌دهنده بزرگ‌نمایی زیستی آفت‌کش‌های ارگانوکلره در ماهی رودخانه Taiho در چین می‌باشد، مطابقت نشان می‌دهد. بنابراین با مقایسه نتایج تحقیق حاضر با مطالعات گذشته در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ می‌توان بیان کرد که سم هپتاکلر و هپتاکلراپوکسید، هم‌چنان در رسوبات تالاب انزلی به‌مقدار زیاد وجود دارند و مقدار سم آلدین در رسوبات تالاب انزلی نسبت به گذشته افزایش داشته است. هم‌چنین مقدار سموم هپتاکلر و هپتاکلراپوکسید در ماهیان تحقیق حاضر نسبت به گذشته کم‌تر بوده و سم آلدین در ماهیان مقدار تقریباً برابری نسبت به تحقیقات گذشته داشته است.

منابع

۱. اسماعیلی‌ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر. تهران. ۷۶۹ صفحه.
۲. باقری، ط.؛ عبدلی، ا. و هدایتی، س. ع. ا.، ۱۳۸۹. بررسی سن و رشد ماهی کاراس در مصب رودخانه گرگان. مجله زیست‌شناسی ایران. جلد ۲۳، شماره ۶، صفحات ۸۴۳ تا ۸۴۹.
۳. بهروزی‌راد، ب.، ۱۳۸۷. تالاب‌های ایران. انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. تهران. چاپ اول. ۷۹۸ صفحه.
۴. جاودان‌خرد، ا.؛ اسماعیلی‌ساری، ع. و بهرامی‌فر، ن.، ۱۳۸۹. بررسی بقایایی آفت‌کش‌های آلی پایدار در رسوبات تالاب انزلی، مجله محیط‌شناسی. سال ۳۷، شماره ۵۷، صفحات ۳۵ تا ۴۴.
۵. جاودان‌خرد، ا.؛ اسماعیلی‌ساری، ع. و بهرامی‌فر، ن.، ۱۳۹۰. پایش آفت‌کش‌های آلی کلره و بی‌فنیل‌های چندکلره در سه گونه از ماهیان خوراکی در تالاب انزلی. نشریه دامپزشکی. شماره ۹۵، صفحات ۴۹ تا ۵۹.
۶. داوودی، م.؛ اسماعیلی‌ساری، ع.؛ بهرامی‌فر، ن. و رجایی، ف.، ۱۳۸۸. بررسی غلظت آفت‌کش‌های آلی کلره در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در تالاب شادگان، مجله علوم و فنون دریایی. دوره ۸، شماره‌های ۱ و ۲،



- صفحات ۵۷ تا ۶۵.
- Paulo.Brazil. Brazilian journal of Oceanography. Vol. 52, No. 2, pp: 141-152.
20. **Grudzyev, G.S.; Zinchenko, V.A. and Slotsov, R.L., 1988.** The Chemical Protection of Plants, Mir Publisher. Moscow. 257 p.
 21. **Heidari, H., 2003.** Farmer Field schools (FFs) slash pesticide use and exposure in Islamic republic of iran. Agro-Chemical Report. Vol. 3, pp: 23-26
 22. **Kafilzadeh, F.; Shiva, A.H.; Malekpour, R. and Noorani Azad, H., 2012.** Determination of Organochlorine Pesticide Residues in Water, Sediments and Fish from Lake Parishan, Iran: World Journal of Fish and Marine Sciences. Vol. 4, No. 2, pp: 150-154.
 23. **Kornijow, R., 1992.** Seasonal migration by larvae of an epiphytic chironomid. Freshwater biology, Department of Zoology and hydrobiology. Agriculture University, Akademika 13, 20-950 Lubline Poland. Vol. 27, pp: 85-89.
 24. **Law, R.J.; Alae, M.; Alchin, C.R.; Boon, J.P.; Lebuf, M. and Leporn, P., 2003.** Levels and Trends of Polychlorinated Diphenylethers and Other Brominated Flame Ritandans in Wild Life. Environmental International. Vol. 29, pp: 757-770.
 25. **MOOPAM. 1999.** Manual of Oceanographic Observation and Pollution Analysis Methods ROPME-Kuwait. 374 p.
 26. **Mora, S.D.; Villeneuve, J.P.; Sheikholeslami, M.R.; Cattini, C. and Tolosa, I., 2004.** Organochlorinated Compounds in Caspian Sea Sediments. Marine Pollution Bulletin. Vol. 48, pp: 30-43.
 27. **Sankar, T.V.; Zynudheen, A.A.; Anandan, R. and Nair, P.G.V., 2006.** Distribution of Organochlorine Pesticides and Heavy Metal Residue in Fish and Shellfish from Calicute Region, Kerala, India. Chemosphere. Vol. 65, 583 p.
 28. **Skretting Australia Residue Monitoring. 2013.** Summary of result 2008-2011. www.skretting.com.au
 29. **Sudaryanto, A.; Monirith, I.; Kajivara, N.; Takahashi, S.; Hartono, P.; Mouawanah, M.; Omori, K.; Takeoka, H. and Tanabe, S., 2007.** Level and Distribution of Organochlorines in Fish from Indonesia. Environmental International. Vol. 33, pp: 750-758.
 30. **Upadhi, F. and Wokoma, O.A.F., 2012.** Examination of Some Pesticide Residues in Surface Water, Sediment and Fish Tissue of Elechi Creek, Niger Delta, Nigeria. Research journal of Environmental and Erth Sciences. Vol. 4, pp: 941-943.
 31. **Voorspoels, S.; Covaci, A.; Maervoet, J.; De Meester, I. and Schepens, P., 2004.** Levels and Profiles of PCBs and OCPs in Marine Benthic Species from the Belgian Sea and the western Scheldt Estuary. Marine Pollution Bulletin. Vol. 49, pp: 393-404.
 32. **Wang, D. Q.; Yu, Y.X. and Zhang, X.Y., 2012.** Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Organochlorine Pesticides in Fish from Taihu Lake: their levels, Sources, and Biomagnification: Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 82, pp: 63-70.
 33. **Wasswa, J.; Kiremire, B.T.; Nkedi-Kizza, P.; Mbabazi, J. and Ssebugere, P., 2011.** Organochlorine pesticide residues in sediments from the Uganda side of Lake Victoria. Chemosphere. Vol. 82, pp: 130-136.
۷. **رخشانی، ا.، ۱۳۸۴.** اصول سم شناسی کشاورزی. انتشارات فرهنگ جامع. چاپ دوم. ۳۷۶ صفحه.
 ۸. **سرتاج، م.؛ فتح‌الهی‌دهکردی، ف. و فیلی‌زاده، ی.، ۱۳۸۴.** بررسی روند انتشار و تجمع فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی. مجله منابع طبیعی ایران. شماره ۳، صفحات ۶۲۳ تا ۶۳۳.
 ۹. **صلواتیان، س.م.، ۱۳۹۰.** شناسایی گونه‌ای ماکروبتوزهای رودخانه‌های ورودی به دریاچه سد لار. مجله علوم زیستی واحد لاهیجان. سال ۵، شماره ۴، صفحات ۶۷ تا ۷۸.
 ۱۰. **طالبی‌جهرمی، خ.، ۱۳۹۰.** سم‌شناسی آفت‌کش‌ها، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. چاپ چهارم. ۵۰۷ صفحه.
 ۱۱. **طوبیلی، ع.، ۱۳۸۳.** تاریخ جامع بندرانزلی. جلد اول. انتشارات فیض کاشانی. تهران. صفحات ۸۴۷ تا ۸۵۳.
 ۱۲. **عبدلی، ا.، و نادری، م.، ۱۳۸۷.** تنوع زیستی ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر. انتشارات علمی آذربایجان. ۱۰۶ صفحه.
 ۱۳. **قرب‌خانی، م. و تاتینا، م.ف.، ۱۳۸۷.** توان تولید طبیعی رودخانه لوندویل آستارا براساس جوامع کفزیان. مجله شیلات. سال ۲، شماره ۴، صفحات ۲۵ تا ۳۲.
 ۱۴. **کشاورزی‌فرد، م.؛ ماشینچی‌ان‌مرادی، ع.؛ فاطمی، م.ر. و اسماعیلی‌ساری، ع.، ۱۳۸۶.** بررسی غلظت سموم کشاورزی ارگانوکلره در رسوبات سواحل جنوبی دریای خزر. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره ۱۴، شماره ۲، صفحات ۱۰۷ تا ۱۱۳.
 ۱۵. **موسوی، س.، ۱۳۸۱.** نقش گیاهان غالب انزلی در تجمع عناصرسنگین. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس. ۹۸ صفحه.
 ۱۶. **واعظ‌زاده، و.؛ ماشینچی‌ان‌مرادی، ع.؛ اسماعیلی‌ساری، ع. و فاطمی، س.م.ر.، ۱۳۸۷.** بررسی غلظت سموم کشاورزی ارگانوکلره در گوشت دو ماهی اقتصادی کپور و سفید در سواحل جنوب غربی دریای خزر. مجله علوم محیطی. سال ۵، شماره ۳، صفحات ۳۳ تا ۴۰.
 ۱۷. **واکر، س.ج.، ۲۰۰۱.** آلاینده‌های آلی از دیدگاه سم‌شناسی محیطی. مترجم: دبیری، م.، ۱۳۸۷. انتشارات دانشگاه شهید بهشتی. ۴۰۰ صفحه.
 18. **Covaci, A.; Gheorghe, A.; Voorspoels, A.; Maervoet, J.; Redeker, E.S.; Blust, R. and Schepens, P., 2005.** Polybrominated Diphenyl Ethers, Polychlorinated Biphenyls and Organochlorine Pesticides in Sediment Cores from the Western Scheldt River (Belgium): Analytical Aspects and Depth Profiles. Environmental International. Vol. 31, pp: 367-375.
 19. **Gorni, R. and Weber, R.R., 2004.** Organochlorine pesticides residues and PCBs in benthic organisms of the inner shelf of the Sao Sebastiano channel. Sao

