بررسي غلظت جيوه در پر ۳۷ گونه از پرندگان ايران: تأثير سطح تغذيه، استراتژي تغذيه و جايگاه رده‌بندي

قاسم ذوالفقاري[۱]*، عباس اسماعيلي ساري[۲]، سيد محمود قاسمپوري[۳]، بهرام حسن‌زاده كيابی[۴]

۱- مربي گروه محيط زيست، دانشكده منابع طبيعی، دانشگاه زابل، زابل
۲- دانشيار گروه محيط زيست، دانشكده منابع طبيعی و علوم درياي، دانشگاه تربيت مدرس، نور
۳- مربي گروه محيط زيست، دانشكده منابع طبيعی و علوم درياي، دانشگاه تربيت مدرس، نور
۴- دانشيار گروه زيست‌شناسي، دانشكده علوم، دانشگاه شهيد بهشتی، تهران

چكيده

برای سنجش غلظت جيوه در پر پرندگان، پر ۱۱۳ پرنده متعلق به ۳۷ گونه از مناطق مختلف استان خوزستان تا خليج فارس بين تير و بهمن ۱۳۸۴جمع‌آوری شدند. اندازه‌گيری ميزان جيوه به‌وسيلهٔ دستگاه LECO۲۵۴ AMA، استاندارد شماره۶۷۲۲-D ,ASTM انجام شد. تحليل آماری به‌وسيلهٔ نرم‌افزار SPSS انجام شد. مقادير جيوه در ارتباط با نوع غذا، استراتژی تغذيه و جايگاه رده‌بندی ارزيابی شد. براساس نتايج، مقادير جيوه پر در محدودهٔ بين ۰/۰۷۳mg/kg تا ۴/۴۸ mg/kg قرار داشت و غلظت جيوه پر در بين تيره‌های مختلف تفاوت معناداری را نشان داد. بالاترين غلظت به پليكان سفيد (پليكانيان)، پس از آن پرستوی درياي، كاكايی (كاكاييان) و لک لک سياه (لک-لكيان) مربوط بود. ماهی‌خوركيان، مرغابيان، هدهديان، گلاريوليان و آبچليكيان بترتيب مقادير بعدی را نشان دادند. هوبره (تيره هوبره)، توكای سياه (توكايان)، حواصيل، گاوچرانک و بوتيمار كوچک (حواصيليان) مقادير متوسطی داشتند، درحالی‌كه كفچه نوک (اكراسيان)، بلبل خرما (بلبل خرمايان)، داركوب معمولی (كوكويان) و ياكريم (كبوترسانان) كمترين مقدار جيوه را داشتند. تفاوت معناداری بين گروههای مختلف سطوح تغذيه وجود داشت(p<۰/۰۰۱). برطبق موقعيت تغذيه، ماهيخواران (۲/۸۹mg/kg)، سپس خرچنگ و ماهيخواران (۱/۹۳mg/kg) بالاترين مقادير جيوه و بی‌مهره‌خواران كمترين مقدار جيوه را داشتند (۰/۸۵mg/kg). تحليل واريانس يک طرفه تفاوت معناداری را بين استراتژی تغذيه و غلظتهای جيوه پر نشان داد (p<۰/۰۰۱). يک الگوی افزايش در مقادير جيوه از پرندگان غيررودخانه‌ای به پرندگان درياي وجود داشت به گونه‌ای كه مقدار جيوه پرندگان درياي ۳ برابر بقيه پرندگان بود.

كليد واژگان: جيوه، پر، پرندگان درياي، سواحل خوزستان، ايران.

۱- مقدمه

جيوه موجود در محيط زيست ناشی از دو فرايند طبيعی و مصنوعی است. چرخهٔ طبيعی جيوه شامل شكستن سنگها و كانيها، فرايند تبخير و انتقال اتمسفری بوده كه اقيانوسها هم نقش مهمی در اين چرخه جهانی ايفا می‌كنند [۱].

اين عنصر نگرانی ويژه اكوسيستمهای آبی است، جايی‌كه طی

* نويسندهٔ مسؤول مقاله: تلفن: ۶۲۵۳۱۰۱-۰۱۲۲-۶۲۵۳۱۰۹، فاكس: ۶۲۵۳۴۹۹-۰۱۲۲، صندوق پستی: ۳۵۶-٤٦٤١٤، E-mail: ghr_zolfaghari@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

فرایند انتقال زیستی متیلاسیون صورت می‌گیرد و در بیوتا تجمع پیدا می‌کند [۲، ۳]. تغلیظ زیستی، انباشتگی زیستی و بزرگنمایی زیستی مواد شیمیایی در بیوتای دریایی فرایندهای فعالی‌اند که به مشخصات شیمیایی(آب دوست بودن، چربی دوست بودن و مقاومت تجزیه‌پذیری)، عوامل زیست محیطی (شوری، درجه‌حرارت و غلظت)، عوامل زیستی (استراتژی تغذیه موجود، سطح تغذیه موجود و غلظت چربی و متابولیسم) و دسترسی زیستی (ورود، انتقال و تجزیه آلایندهها) بستگی دارند[۴].

به دلیل وابستگی بالای متیل جیوه به گروههای سولفیدریل پروتئین، این فلز بسرعت در زنجیرهٔ غذایی انتقال می‌یابد و در موجودات انباشته می‌شود. سمیت بالای جیوه و افزایش این فلز در محیط زیست لزوم پایش مکانی و زمانی جیوه را ایجاب می‌کند [۵، ۶].

پرندگان برای این مهم مناسب می‌باشند. به این دلیل که بیولوژی آنها بخوبی شناخته شده است. پرندگان دریایی آسیب‌پذیری ویژه‌ای در مقابل آلایندهها دارند. زیرا آنها عمر طولانی‌ای دارند و اغلب از سطوح بالای زنجیره غذایی تغذیه می‌کنند، بنابراین برای این پایش مناسب خواهند بود[۷-۱۲].

پر پرندگان برای ارزیابی اکولوژیکی و میزان آلودگی اکوسیستم مفید است. تجزیه و تحلیل پر می‌تواند امکان بررسی آلودگی در گذشته را فراهم کند. انتخاب پر برای مطالعه مورد توجه خاصی قرار گرفته است، زیرا یک نمونه‌گیری غیرمخرب به شمار رفته و اجازه کسب اطلاعات بیشتری را می‌دهد. در مورد میزان جیوه در پر پرندگان ایران و ارزیابی عوامل مربوط به تغذیه و زیستگاه هیچگونه اطلاعاتی وجود ندارد و این اولین مطالعه سیستماتیک در مورد بررسی غلظتهای جیوه در پرندگان ایران در سطح نسبتاً وسیعی است. هدف اصلی در این مطالعه گزارش غلظتهای پایه جیوه در پر گونه‌های مختلف پرندگان از مناطق جنوب غربی تا سواحل خلیج فارس می‌باشد. به‌علاوه آثار جایگاه رده‌بندی، سطح تغذیه و استراتژی تغذیه روی میزان جیوه ارزیابی شدند. بنابراین برای این ارزیابی و مقایسه علاوه بر پرندگان دریایی چندین گونه از سایر پرندگان هم مورد مطالعه قرار گرفتند.

۲- مواد و روش کار

۲-۱- جمع‌آوري نمونه‌ها

نمونه‌های پر از پرندگانی که برای موزهٔ تاریخ طبیعی دانشگاه تربیت مدرس (بین سالهای ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۵) جمع‌آوری شده بودند، به‌دست آمد. بین تیر تا بهمن ۱۳۸۴ پر۱۱۳ پرنده متعلق به ۳۷ گونه جمع‌آوری شدند و ۲ تا ۳ پر از پرهای دم پرندگان چیده شد(جدول۱). پرندگان از منطقه جنوب غرب ایران (عمدتاً خوزستان) صید شده بودند (نمودار۱). پس از جمع‌آوری پرها در ظروف پلاستیکی کدگذاری شده قرار داده شدند و در دمای معمولی اتاق تا زمان شروع تجزیه و تحلیل نگهداری شدند.

۲-۲- شيوهٔ تجزيه و تحليل

نمونه‌های پر به آزمایشگاه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی نور منتقل شدند. نمونه‌ها به‌وسیلهٔ دترجنت با آب شیر شسته شدند و دوبار با آب مقطر آبکشی شدند. شستن نمونه‌ها سبب می‌شود تا تمام آلودگی خارجی موجود در پر از بین برود. نمونه‌ها برای خشک شدن، مدتی در دمای اتاق نگهداری شدند و سرانجام به‌صورت پودر درآمدند. برای اندازه‌گیری میزان جیوه از روش دستگاه LECO، Advanced Mercury Analyzer۲۵۴ استاندارد شماره ASTM, D-۶۷۲۲ استفاده شد. دستگاه پیشرفته آنالیز جیوه به‌صورت یک لوله احتراق از ابتدا تا انتهای دستگاه طراحی شده است و آنالیز را در سه مرحله تجزیه، جمع‌آوری و آشکارسازی به انجام می‌رساند.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۱ مشخصات* و غلظت جيوه (mg/kg) پرندگان جمع‌آوری شده از جنوب غرب ايران

نام تيره	گونه			تعداد	سطح تغذيه	غلظت جيوه (Mean±S.E)
	نام انگليسی	نام علمی	نام فارسي			
کاکاييان (Laridae)	Common gull	*Larus larus*	کاکايی نوک سبز	۹	همه چيز خوار	۴/۲۹±۰/۵۸
	Common tern	*Sterna hirundo*	پرستوی دريايی معمولی	۷	ماهيخوار	۲/۰۸±۰/۲۵
	Little tern	*Sterna albiforns*	پرستوی دريايی کوچک	۱۲	ماهيخوار	۴/۷۱±۱/۲۵
پليکانيان (Pelicanidae)	White pelican	*Pelicanus onocrotalus*	پليکان سفيد	۲	ماهيخوار	۴/۴۳±۰/۰۵
باکلانيان (Phalacrocoracidae)	Cormorant	*Phalacrocorax carbo*	باکلان	۲	ماهيخوار	۰/۹۰±۰
مرغابيان (Anatidae)	Greylay goose	*Anser anser*	غاز خاکستری	۱	گياهخوار	۱/۶۹
	Ruddy shelduck	*Tardorna ferruginea*	آنقوت	۱	گياهخوار	۰/۳۱
	Shelduck	*Tardorna tardorna*	تنجه	۱	گياهخوار	۱/۲۷
	Wigeon	*Anas Penelope*	گيلار	۲	گياهخوار	۰/۶۳±۰/۳۴
	Common teal	*Anas crecca*	خوتکا	۳	گياهخوار	۲/۲۳±۱/۶۲
	Mallard	*Anas platy rhynchos*	اردک سرسبز	۳	گياهخوار	۰/۳۰±۰/۱۳
	Shoveler	*Anas clypeata*	اردک نوک پهن	۲	گياهخوار	۴/۳۰±۲/۳۱
	Pochard	*Aythya ferina*	اردک سرحنايی	۱	همه چيزخوار	۰/۵۹
	Ferruginous duck	*Aythya nyroca*	اردک بلوطی	۲	همه چيزخوار	۰/۴۴±۰/۰۲
حواصيليان (Ardeidae)	Squacco heron	*Ardeola ralloides*	حواصيل زرد	۲	ماهيخوار	۰/۸۸±۰/۰۲
	Night heron	*Nycticorax nycticorax*	حواصيل شب	۲	خرچنگ و ماهيخوار	۲/۱۴±۰/۰۵
	Cattle egret	*Bubulcus ibis*	گاوچرانک	۲	خرچنگ و ماهيخوار	۰/۷۷±۰/۰۲
	Little bittern	*Ixobrychus minutus*	بوتيمار کوچک	۴	خرچنگ و ماهيخوار	۰/۷۷±۰/۱۰
لک لکيان (Ciconiidae)	Black stork	*Ciconia nigra*	لک لک سياه	۱	خرچنگ و ماهيخوار	۳/۳۷
اکراسيان (Threskiornithidae)	Spoonbill	*Platalea leucorodia*	کفچه نوک	۲	خرچنگ و ماهيخوار	۰/۱۲±۰/۰۵
ماهی خورکيان (Alcedo rudis)	Common kingfisher	*Alcedo atthis*	ماهی خورک	۲	ماهيخوار	۲/۳۶±۰/۱۴
	Pied kingfisher	*Ceryle rudis*	ماهی‌خورک ابلق	۲	ماهيخوار	۲/۶۶±۰/۴۶
	White-breasted kingfisher	*Halcyon smyrnensis*	ماهی‌خورک سينه سفيد	۳	ماهيخوار	۱/۱۰±۰/۳۲
آبچليکيان (Scolopacidae)	Common snipe	*Gallinago gallinago*	پاشلک معمولی	۳	بی‌مهره خوار	۱/۱۷±۰/۰۶
يلوه‌يان (Rallidae)	Moorhen	*Gallinula chloropus*	چنگر نوک سرخ	۲	همه چيزخوار	۰/۴۰±۰
	Purple Gallinula	*Porohyrio porphyrio*	طاووسک	۲	همه چيزخوار	۰/۳۷±۰/۱۴
	Coot	*Fulica atra*	چنگر	۲	همه چيزخوار	۰/۵۰±۰/۰۱
گلاريولیان (Glareolidae)	Glareola pratincola	*Glareola pratincola*	گلاريول بال سرخ	۱۴	همه چيزخوار	۱/۲۹±۰/۲۳

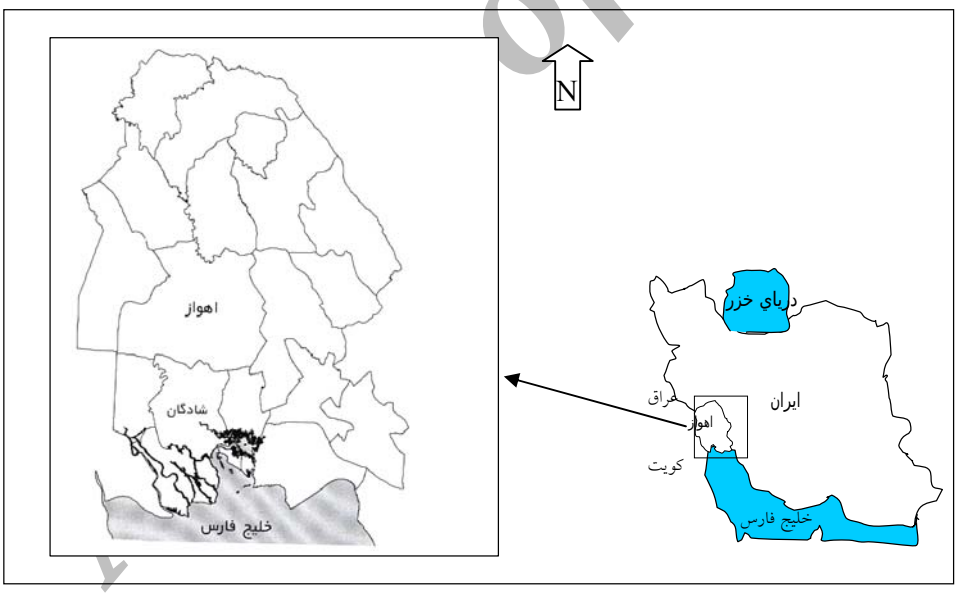
* Hand Book of the Birds of Europe the Middle East and North Africa

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه **جدول۱** مشخصات و غلظت جيوه (mg/kg) پرندگان جمع‌آوری شده از جنوب غرب ايران

نام تيره	گونه			تعداد	سطح تغذيه	غلظت جيوه (Mean±S.E)
	نام انگليسی	نام علمی	نام فارسي			
کوکويان (Cuculidae)	Common cuckoo	*Cuculus canorus*	کوکوی معمولی	۳	بی‌مهره خوار	۰/۲۸±۰
هدهديان (Upupidae)	Hoopoe	*Upupaepops*	هدهد	۳	همه چيزخوار	۱/۳۰±۰/۰۱
هوبره (Otididae)	Houbara bustard	*Chlamydotis undulate*	هوبره	۱	همه چيزخوار	۱/۱۶
بلبل خرمايان (Pycnonotidae)	White-eared bulbul	*Pycnonotus leucogenys*	بلبل خرما	۳	گياهخوار	۰/۱۷±۰
توکايان (Turdidae)	Common Blackbird	*Turdus merula*	توکای سياه	۳	بی مهره‌خوار	۱/۰۸±۰
ساريان (Sturnidae)	Rose-coloured starling	*Sturnus roseus*	سار صورتی	۲	همه چيزخوار	۰/۴۴±۰
کلاغيان (Corvidae)	Magpie	*Pica pica*	زاغی	۲	همه چيزخوار	۰/۱۵±۰
	Rook	*Corvus frugilegus*	کلاغ سياه	۲	همه چيزخوار	۰/۱۴±۰/۰۶
کبوترسانان (Columbidae)	Collared dove	*Streptopelia decaocto*	ياکريم	۳	گياهخوار	۰/۰۷±۰



نمودار۱ موقعيت جغرافيايی منطقه جمع‌آوری نمونه‌ها، استان خوزستان و سواحل خليج فارس

۲-۳- تجزيه و تحليل آماري

تحليل آماری به‌وسيلهٔ نرم‌افزار SPSS انجام شد. ابتدا به‌وسيله آزمونهای کولموگروف اسميرنوف[1]، کورتوسيس و سکونس[2] ميزان تبعيت داده‌ها از توزيع نرمال مورد بررسی قرار گرفت. پس از آنکه داده‌ها با استفاده از Transform نرمال شدند، روش آماری پارامتريک[3] انتخاب گرديد. در مـورد عوامل جايگاه رده‌بندی و

1. Kolmogorov Smirnov
2. Kortosis, Skewness
3. Parumetric
4. Leven

www.SID.ir

استراتژی تغذیه، آزمون لِون[4] نشان داد که واریانس داده‌ها همگن نیستند، بنابراین از آزمون دانت تی۳ [1] استفاده شد. در مورد عامل سطح تغذیه واریانس داده‌ها همگن بود. بنابراین به‌وسیله آزمون آماری توکی[2] تفاوتهای آماری بین سطوح تغذیه بررسی شد.

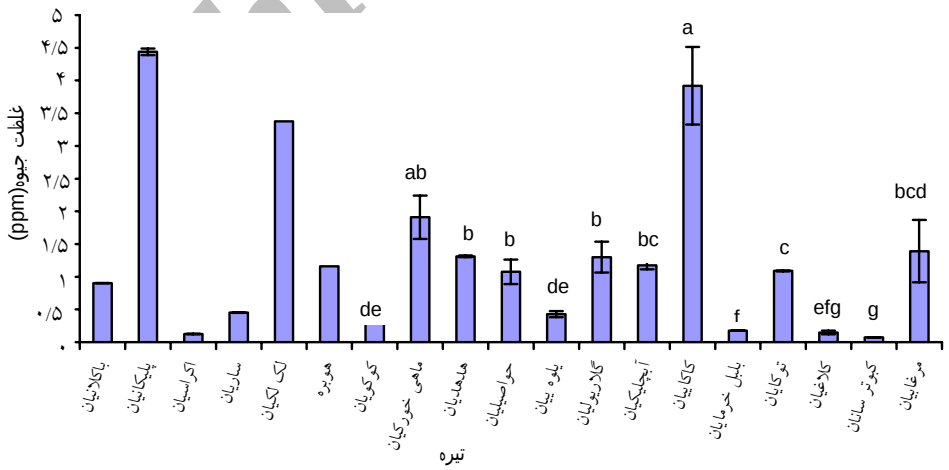
۳- نتایج

برای بررسی اثر جیوه بر جایگاه رده‌بندی، ۱۹ تیره مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج آزمون دانت تی۳ نشان داد که تفاوت معناداری در غلظت جیوه تیرههای مختلف وجود داشت (p<۰/۰۰۱) و میزان جیوه بین ۰/۰۷۳ mg/kg و ۴/۴۸mg/kg بود (جدول۱).

براساس نتایج، پلیکان سفید (پلیکانیان) بالاترین میزان جیوه را نشان داد، پس از آن پرستوی دریایی، کاکایی نوک سبز (کاکاییان) و لک‌لک سیاه (لک‌لکیان) قرار داشتند. ماهی‌خورکیان، مرغابیان، هدهدیان، گلاریولیان و آبچلیکیان بترتیب مقادیر بعدی را نشان دادند. هوبره، توکای سیاه (توکایان)، حواصیل، گاوچرانک و بوتیمار کوچک (حواصیلیان) مقادیر متوسطی را دارا بودند. باکلانیان، ساریان، یلوه‌ییان و کوکویان پس از آنها قرار گرفتند، درحالی‌که کفچه‌نوک (اکراسیان)، بلبل‌خرما (بلبل‌خرمایان)، کوکوی معمولی (کوکویان) و یاکریم (کبوترسانان) کمترین مقادیرجیوه را نشان دادند (نمودار ۲).

براساس سطوح تغذیه نیز پرندگان مورد بررسی قرار گرفتند. در سطح اطمینان ۹۹٪ تفاوت معناداری بین سطوح تغذیه وجود داشت (p<۰/۰۰۱). انتظار می‌رفت مقادیر جیوه بالاتری در پرندگانی که از سطوح بالای زنجیرهٔ غذایی تغذیه می‌کنند (ماهیخواران) وجود داشته باشد. نتایج نشان داد که ماهیخواران با میانگین جیوه ۲/۸۹mg/kg بالاترین میزان جیوه را داشتند. پرندگان خرچنگ‌خوار و ماهیخوار (۱/۹۳ mg/kg)، همه‌چیزخواران (۱/۶۰mg/kg)، گیاهخواران (۱/۳mg/kg) و بی‌مهره‌خواران (۰/۸۵mg/kg) بترتیب مقادیر بعدی را نشان دادند (نمودار۳).

براساس استراتژی تغذیه مشخص شد که غلظت جیوه در پرندگان دریایی (کاکاییان، باکلانیان و پلیکانیان) به‌طور میانگین ۳/۸mg/kg بود که بیش از ۲/۵ برابر پرندگان ساحلی (حواصیلیان، مرغابیان، گلاریولیان، آبچلیکیان، اکراسیان و لک لکیان)، بیش از ۳ برابر پرندگان رودخانه‌ای (ماهی‌خورکیان و یلوه‌ییان) و بیش از ۷ برابر پرندگان غیررودخانه‌ای (توکایان، بلبل‌خرمایان، ساریان، کبوترسانان، هدهدیان، کوکویان، هوبره و کلاغیان) می‌باشد. غلظت جیوه در پرندگان ساحلی، رودخانه‌ای و غیررودخانه‌ای بترتیب ۱/۴۶mg/kg، ۱/۲mg/kg و ۰/۵۲mg/kg بود (نمودار ۴).

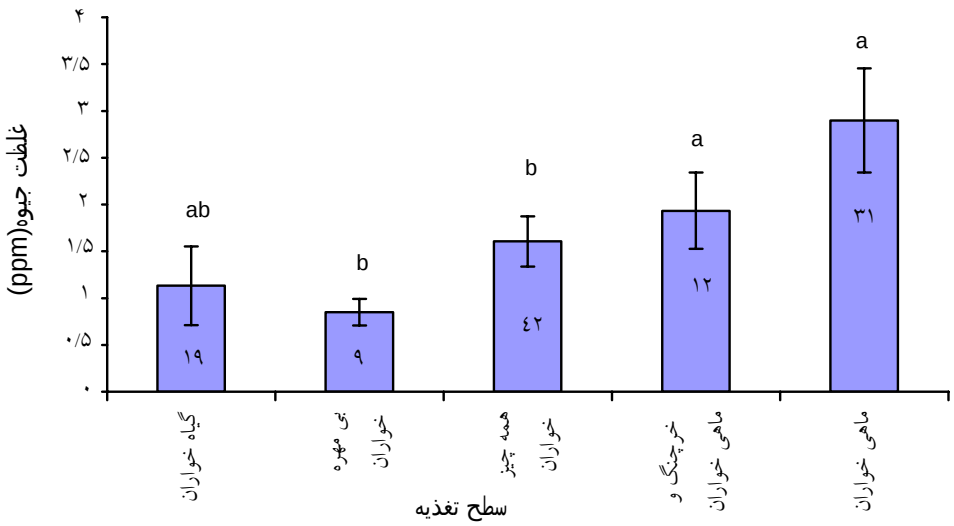


نمودار۲ تأثیر جایگاه رده‌بندی روی غلظت جیوه پر

مقادیر ارائه شده میانگین ± اشتباه معیار است. حروف متفاوت بالای نمودار نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار (ANOVA) می‌باشند. ستونهای بدون حروف، به دلیل کم بودن نمونه‌ها در آنالیز آماری محاسبه نشده‌اند.

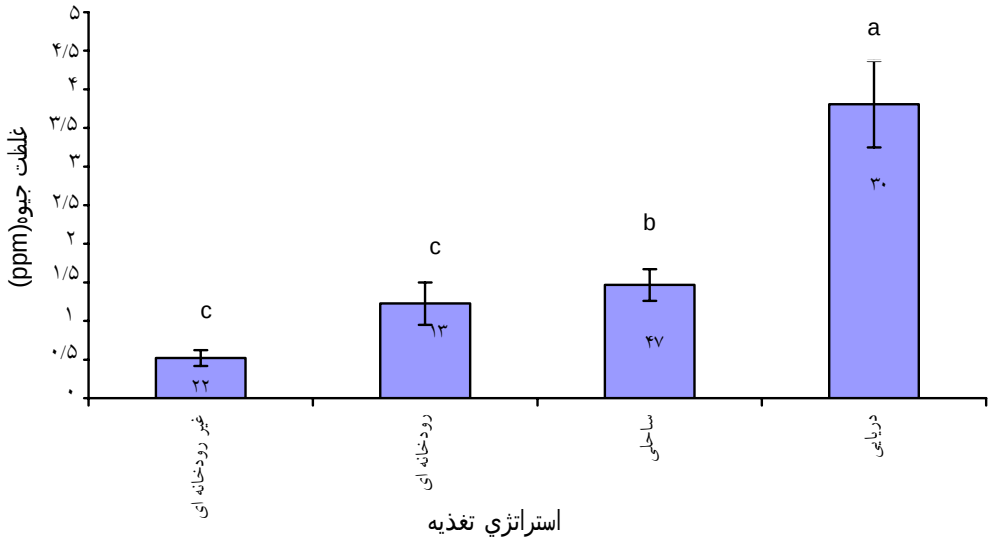
1. Dunnet T3
2. Tukey

Archive of SID
www.SID.ir



نمودار۳ تأثیر سطح تغذیه روی مقادیر جیوه پر

مقادیر ارائه شده میانگین ± اشتباه معیار، حروف متفاوت بالای نمودار نشان‌دهنده تفاوت معنادار (ANOVA) و اعداد روی نمودار بیانگر تعداد پرنده‌ها می‌باشند.



نمودار ۴ تأثیر استراتژی تغذیه روی مقادیر جیوه پر

مقادیر ارائه شده میانگین ± اشتباه معیار، حروف متفاوت بالای نمودار نشان‌دهنده تفاوت معنادار (ANOVA) و اعداد روی نمودار بیانگر تعداد پرنده‌ها می‌باشند.

www.SID.ir

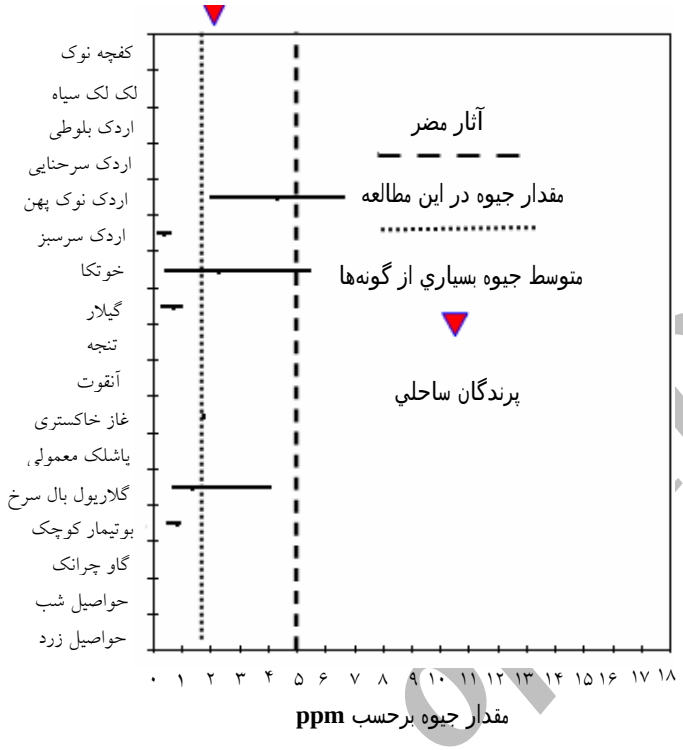
۴- بحث

میزان جیوه در بعضی از گونه‌های مورد مطالعه بالاتر از میزان جیوه گزارش شده در مطالعات مشابه بود. لوک و همکاران در سال ۱۹۹۲ [۹] غلظت جیوه چندین گونه از پرندگان نیوزلند را بررسی کردند. میزان جیوه در پر گونه‌های مختلف تیره کاکاییان به‌طور متوسط ۱/۳mg/kg گزارش شد درحالی که در مطالعه حاضر میزان جیوه در تیره کاکاییان ۳/۹۱mg/kg بود. در بعضی از گونه‌ها نیز مقادیر جیوه پایینتر از مطالعات دیگر بود. غلظت جیوه باکلان در این مطالعه ۰/۹mg/kg بوده که در مقایسه با دیگر مطالعات پایینتر است. دلیل این امر شاید به تفاوتهای منطقه‌ای در نوع رژیم غذایی مربوط باشد. به‌طور کلی میزان جیوه در پرندگان مورد بررسی بین ۰/۰۷۳mg/kg تا ۴/۴۳mg/kg بود. جیوه موجود در رژیم غذایی می‌تواند موفقیت تولیدمثلی پرندگان را در غلظت یک پنجم مقدار لازم برای تولید سمیت آشکار در پرندگان بالغ تحت تأثیر قرار دهد. ایسلر در سال ۱۹۸۷ بیان کرد که در اکثر پرندگان غلظت جیوه برابر 5ppm، آثار شدیدی بر فرایندهای تولیدمثل دارد و سبب ایجاد اختلالات رفتاری شدیدی می‌شود [۱۳]. در این غلظت، جیوه باعث کاهش نرخ زادآوری، نرخ زنده‌مانی، اندازه تخم و کاهش موفقیت تولیدمثلی می‌شود [۱۴]. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که مقدار جیوه در بعضی از گونه‌ها بسیار نزدیک به این حد است. به عنوان مثال میزان جیوه پلیکان سفید، پرستوی دریایی کوچک و کاکایی نقره‌ای بترتیب ۴/۴۳mg/kg، ۴/۴۲mg/kg و ۴/۲۹mg/kg بود. ذکر این نکته ضروری است که اگرچه میزان به‌دست آمده در این مطالعه بالاتر از حدی که باعث اثر بر تولیدمثل و رفتار پرنده می‌شود، نیست اما باید توجه کنیم که در بعضی از گونه‌ها، میزان جیوه به مقدار ذکر شده نزدیک است. از طرف دیگر یکی از مهمترین جنبه‌های مقایسه بین گونه‌ها این است که ببینیم آیا مقدار جیوه اندازه‌گیری شده کمتر، بیشتر یا مساوی حد اثر بر تولیدمثل و رفتار است. بنابراین به نظر می‌رسد بیان میانگین و اشتباه معیار به تنهایی کافی نبوده و گویای هدف ما نیست. به‌عنوان مثال در این مطالعه ۱۲پرنده از گونهٔ پرستوی دریایی سفید برای تعیین میزان جیوه بررسی شدند. اگر چه میانگین جیوه به‌دست آمده ۴/۴۲mg/kg بود اما در بعضی از آنها میزان جیوه حتی به بالای ۱۶mg/kg می‌رسید. بنابراین ذکر محدودهٔ غلظت ضروری است، زیرا در غیر این صورت بسیاری از داده‌ها عملاً حذف خواهند شد(نمودارهای ۵، ۶، ۷).

در بین تیره‌های مورد بررسی، پلیکان سفید، بالاترین میزان جیوه را داشت و کمترین میزان جیوه به تیره کبوترسانان مربوط بود. در مورد جایگاه رده‌بندی و تفاوتهای گونه‌ای یا تیره‌ای در پرندگان در مورد میزان جیوه، عوامل مختلفی مؤثرند. گونه‌هایی که به‌طور کامل پرریزی می‌کنند میزان جیوه کمتری خواهند داشت. زیرا میزان جیوه بیشتری از طریق پر دفع می‌شود. بعضی از گونه‌ها دارای چرخه پرریزی کوتاهی‌اند. این پرندگان فرصت کمتری برای دفع جیوه دارند و بنابراین متیل جیوه موجود در بدن آنها طی فرآیند دمتیلاسیون تبدیل به جیوه معدنی شده و در بدن ذخیره می‌شود. تامپسون و فورنس با مطالعه گونه‌های Albatrosse وLarge petrels گزارش دادند که الگوی پرریزی می‌تواند بر میزان جیوه اثر گذارد[۱۵]. تغییرات بین گونه‌ای میزان جیوه همچنین می‌تواند ارتباطی با مهاجرت پرنده و همچنین میزان چربی داشته باشد. علاوه بر این ممکن است جیوه تحت تأثیر تفاوتهای درون گونه‌ای مثل سن، جنس و فصل باشد که در این مجال بررسی نشدند.

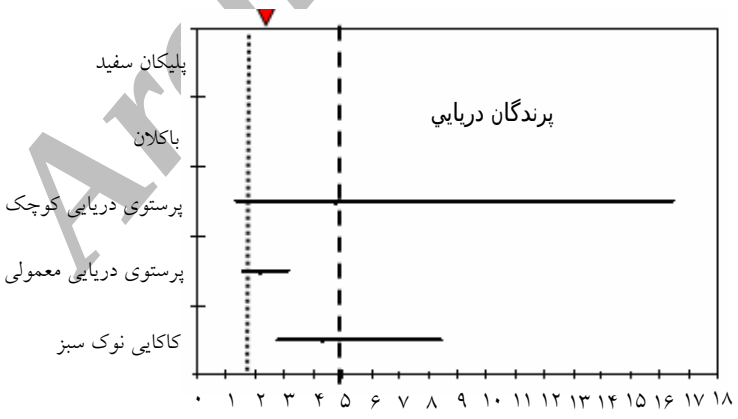
با بررسی گونه‌ها از لحاظ سطح تغذیه مشخص شد پرندگانی که از سطوح غذایی بالاتری تغذیه می‌کردند (پلیکان سفید، پرستوی دریایی و کاکایی) میزان جیوه بسیار بالاتری نسبت به بقیه داشتند. دلیل این امر آن است که پلیکان سفید، پرستوی دریایی و کاکایی جزء پرندگان ماهی‌خوارند و از قسمتهای بالای زنجیرهٔ غذایی دریایی تغذیه می‌کنند. همچنین این مطلب را می‌توان براساس پدیده بزرگنمایی زیستی بیان کرد که طی آن آلاینده در مقادیر بیشتر از یک سطح غذایی به سطح غذایی بالاتر انتقال پیدا می‌کند [۱۶].

Archive of SID
www.SID.ir



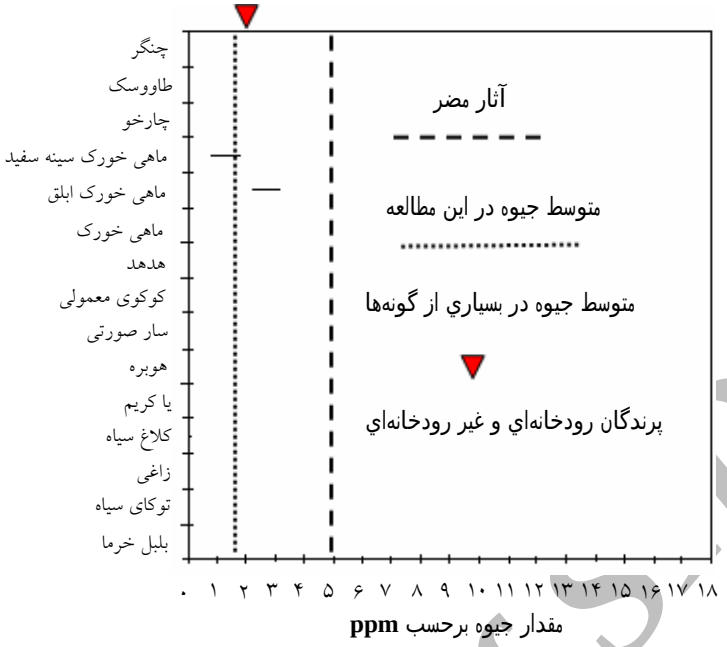
نمودار۵ مقادیرجیوه در پر پرندگان ساحلی

خط افقی محدودهٔ جیوه، نقطه سیاه رنگ روی آن میانگین، مثلث نشان داده شده مقدار متوسط در ۱۸۰ مطالعه مرور شده در سال ۱۹۹۳ به‌وسیلهٔ Burger، نقطه‌چین مقدار متوسط در این مطالعه و خط‌چین سطح اثر بر تولیدمثل و رفتار را نشان می‌دهند.



نمودار۶ مقادیر جیوه در پر پرندگان دریایی

Archive of SID
www.SID.ir



نمودار۷ مقادیر جیوه در پر پرندگان رودخانه‌ای و غیر رودخانه‌ای (خشکی‌زی)

خط افقی محدوده جیوه، نقطه سیاه رنگ روی آن میانگین، مثلث نشان داده شده مقدار متوسط در ۱۸۰ مطالعه مرور شده در سال ۱۹۹۳ توسط Burger، نقطه چین مقدار متوسط در این مطالعه و خط چین سطح اثر بر تولید مثل و رفتار را نشان می‌دهد.

براساس مطالعات انجام شده میزان برخی از فلزات سنگین درگیاهخواران کمتر از پرندگان بی‌مهره‌خوار است[۸]. زیلوکس و همکاران (۱۹۹۳) با بررسی ارتباط بین میزان جیوه و سطح تغذیه بیان کردند که با افزایش سطح تغذیه میزان جیوه افزایش می‌یابد [۱۷].

در مطالعه حاضر بالاترین میزان جیوه به ماهیخواران مربوط بود، پس از آن بترتیب خرچنگ و ماهیخواران، همه‌چیزخواران، گیاهخواران و بی‌مهره‌خواران قرار گرفتند. این اختلاف احتمالاً می‌تواند به دلیل بالا بودن میزان استفاده از آلاینده‌هایی نظیر سموم کشاورزی در منطقه و پتانسیل بالای جذب این مواد توسط گونه‌های گیاهی باشد.

پرندگانی که استراتژی تغذیه‌ای دریایی داشتند بالاترین میزان جیوه و پرندگان دارای استراتژی تغذیه‌ای غیررودخانه‌ای کمترین میزان جیوه را داشتند. پرندگان رودخانه‌ای و غیررودخانه‌ای خشک‌زی می‌باشند. در اکوسیستمهای خشکی احتمال مواجهه با آلاینده‌هایی مثل جیوه کم است زیرا جیوه به سمت اکوسیستمهای آبی تمایل دارد. در مناطق ساحلی جیوه ورودی بسرعت وارد رسوبات شده و دسترسی زیستی آن کم می‌شود. بنابراین پرندگانی که استراتژی تغذیه‌ای ساحلی دارند در معرض مقادیر بالای جیوه نخواهند بود، اما از آنجا که این مناطق محل ورود آلودگیهای انسانی از طریق رودخانه‌ها می‌باشند علاوه بر آنکه سطوح منطقه‌ای جیوه را نشان می‌دهند موجودات را نیز با مقادیری از آلاینده‌ها مواجه خواهند کرد.

مناطق دریایی دارای بیشترین آلودگی نسبت به سایر مناطقند، زیرا مناطق مزوپلاژیک و اپی‌پلاژیک دریا کمتر تحت تأثیر آلودگیهای موضعی و موقتی انسان بوده و آلودگی آنها به‌طور مداوم ثابت است. علاوه بر آن در منطقه مزوپلاژیک که پایینتر از ترموکلاین قرار دارد، تحت شرایط بی‌هوازی فرآیند دمتیلاسیون با سرعت بیشتری انجام می‌گیرد که این باعث تجمع آلاینده‌ها در مقادیر خیلی بالا می‌گردد.

Archive of SID
www.SID.ir

به تبع آن ماهیان این منطقه جیوه بیشتری در بافتهای خود دارند و هنگامی که این ماهیان در شب به سطح آب مهاجرت می‌کنند مورد تغذیه پرندگان قرار می‌گیرند.

۵- نتیجه‌گیري

میانگین میزان جیوه در گونه‌های مورد مطالعه کمتر از حد اثر بر تولیدمثل و رفتار، ولی نزدیک به آن بود. اما در چند قطعه از پرندگان میزان جیوه از این حد بالاتر رفته بود. یک نتیجه‌گیری کلی آن است که ماهیخواران و پرندگان دارای استراتژی تغذیه‌ای دریایی در معرض مقادیر بیشتری از جیوه قرار دارند.

۷- منابع

[1] Fitzgerald W.; Atmospheric and oceanic cycling of mercury in: Riley, J., Chester, R. (Eds), Chemical oceanography academic press, New york; 1989; pp.151-186.

[2] Bryan G. W.; Bioaccumulation of marine pollutants. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci; 1979; 286: 483-505.

[3] Lindqvist O.; Mercury in the Swedish environment, recent research on causes, consequences and corrective methods. Water Air Soil Pollute; 1991; 55: 1-261.

[4] Rocque D. A., Winker K.; Biomonitoring of contaminants in birds from two trophic levels in the north Pacific. Environmental toxicology and chemistry; 2004; 23 (3): 759-766.

[5] Ochoa-acun H., Sepulveda M. S., Gross T. S.; Mercury in feathers from Chilean birds: influence of location, feeding strategy, and taxonomic affiliation. Marine pollution bulletin; 2002; 44: 340-349.

[6] Scheuhammer A. M.; The chronic toxicity of aluminum, cadmium, mercury and lead in birds. Areview Environmental Pollution; 1987; 46: 263-295.

[7] Walsh P. M.; The use of seabirds as monitors of heavy metals in the marin environment. In: Furness RW, Rainbow PS (eds) Heavy metals in the marine environment. CRC Press Inc, Boca Raton, FL; 1990; pp. 183-204.

[8] Hernandez L. M., Gomara B., Fernandez M., Jimenez B., Gonzalez M. J., Baos R., Hiraldo F., Ferrer M., Benito V., Suner M. A., Devesa V., Munoz O., Montoro R.; Accumulation of heavy metals and as in wetland birds in the area around Donana national park affected by the Aznacollar toxic spill. The science of the total environment; 1999; 242: 293-308.

[9] Lock J. W., Thompson D. R.; Metal consentrations in seabirds of the new Zealand region. Environmental pollution; 1992; 75: 289-300.

[10] Hunter B. A., Jhonson J. G., Food chain relationship of cooper and cadmium in contaminated grassland ecosystems, Oikos; 1982; 38: 108-117.

[11] Burger J., Cooper K., Saliva J., Gochfeld M.; Mercury bioaccumulation in organisms from three Puerto Rican estuaries. Environ. Monit Assess; 1992; 22: 181-187.

به‌طور کلی با مقایسه میزان اثر سه عامل جایگاه رده‌بندی، سطح تغذیه و استراتژی تغذیه بر میزان جیوه، به نظر می‌رسد میزان جیوه بیشتر تحت تأثیر استراتژی تغذیه و سطح تغذیه باشد و به میزان کمتری به تفاوتهای درون گونه‌ای و بین گونه‌ای (جایگاه رده‌بندی) مربوط شود.

۶- سپاسگزاري

از آقای مهندس حسین اکبریان که در تجزیه و تحلیل داده‌ها همکاری نمودند و همچنین از آقای مهندس محمد اصغری به دلیل راهنماییهایشان صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

[12] Burger J., Gocfel M.; Behavioral impairment of lead in jeceted young herring gulls in nature. Fundam Appl Toxicol; 1994; 23: 553-561.

[13] Eisler R.; Mercury hazards to fish wildlife and invertebrates: a synoptic review, US fish and wildlife service biological report; 1987; 1(1): 85-86 p.

[14] Furness R. W., Johnston J. L., Love J. A., Thompson D. R.; Pollution burdens and reproductive success of golden eagles *Aquila chrysaetox* exploiting marine and terrestrial food webs in raptors in the modern world, Berlin: WWGBP; 1989; 495-500.

[15] Thompson D. R., and Furness R.W.; The chemical forms of mercury stored in South Atlantic seabirds. Environ Pollution; 1989; 60: 305-317.

[16] Grey J. S.; Biomagnification in marine system: the perspective of an ecologist. Marine pollution Bulletin; 2002; 45: 46-52.

[17] Zillioux E. J., Procella D. B., Benoit J. M.; Mercury cycling0 and effects in freshwater wetland ecosystems. Environ. Toxicol. Chem; 1993; 12: 2245-2264.

Archive of SID

www.SID.ir