تحليل قياس معدل التراكم الحيوي لبعض العناصر الثقيلة في ثلاثة أنواع من الأسماك في مياه نهر الفرات (محافظة ديرالزور)

طالبة الماجستير: لحاظ رشاد العلي كلية الزراعة – جامعة تشرين

اشراف الدكتور: ابراهيم نيصافي + د. حسام الدين لايقة + د. محمد حسن

الملخص

تضمنت الدراسة الحالية تحديد مستوى التلوّث ببعض العناصر الثّقيلة في مياه نهر الفرات ضمن محافظة ديرالزور، و تقييم مخاطر المعادن الثقيلة الناتجة عن استهلاك السمك من قبل البشر في عضلات ثلاثة أنواع من الأسماك وهي الكارب العادي Carpio *Cyprinus* والبني Barbus *canis* والجري Silurus *triostegus*، وذلك بهدف قياس معدل التراكم الحيوي للعناصر الثقيلة في أجسام هذه الأسماك وانتقالها ضمن السلسلة الغذائية ثم وصولها إلى جسم الإنسان. حُددت ثلاث محطات اعتيان في مياه النهر ضمن محافظة دير الزور، وهي: حطلة، حويجة صكر والرُشدية. جُمع 36 عينة ماء و360عينة سمكية خلال فترة الدراسة (من تشرين الأول 2022 إلى أيلول 2023)، وبشكل فصلي لقياس بعض العناصر المعدنيّة الثّقيلة.

أظهرت نتائج العناصر المعدنيّة الثّقيلة (pb , cd, cu) المقاسّة تقارباً كبيّراً في قيمها بين محطات الدّراسّة وتبيّن عدم وجود فروق معنويّة بينها ($P > 0.05$)، في حين لوحظ تفاوت في قيم تراكيز المعادن المدروسّة في الأسماك بين فصول السنة، إذ ارتفعت قيمها في فصلي الصّيف والرّبيع مقارنة مع فصلي الشّتاء والخريف. كما دلّت النتائج أنّ تراكيز العناصر الثّقيلة في الأسماك أعلى منه في المياه مما يمكن عدّها من الأدلّة البيئيّة على تلوّث المياه.

الكلمات المفتاحية: التراكم الحيوي، التلوث بالمعادن الثّقيلة، الأسماك، نهر الفرات.

Abstract

The current study included determining the level of pollutionwith some heavy metals in the waters of the Euphrates River within Deir Ezzor Governorate, and evaluation the risks of heavy metals resulting from fish consumption by humans in the muscles of three types of fish,which are the common carp(Carpio *Cyprinu*), Silurus *triostegu*s,and Barbus *canis* .with the aim of measuring The rate of bioaccumulation of heavy metals in the bodies of these fish, their transfer within the food chain, and their arrival to the human body. The sampling station were identified in the river water within Deir Ezzor governorate, namely: Hatla, Hawija Sakr and Al-Rushdia.36 water samples and 360 fish samples were collected during the study period (from octobe 2022 to september 2023), on aquarterly basis, to measure some heavy metal elements.

The measured results of the heavy metal elements (pb, cd, cu) showed a great convergence in their values between the study stations, and it was found that there were no significant differences between them ($P > 0.05$), while a variation was observed in the values of the studied metal concentrations in fish between the seasons of the year, as their values increased in summer and spring compared to winter and fall. The results also indicated that the concentrations of heavy metals in fish are higher than in water, which can be counted as environmental evidence of water pollution

Keywords:

Bio -accumulation, pollution, heavy metals, Euphrates River,

1-المقدمة:

تعد العناصر الثقيلة احدى الملوثات التي تدخل بيئة المياه العذبة، وتسبب خللا في التوازن البيئي، وينعكس ذلك بصورة مباشرة او غير مباشرة على الانسان Malik et al., 2020)

وان تلوث البيئة المائية بالعناصر الثقيلة ناتج عن استخدامات الانسان المختلفة للمياه من صناعية، تجارية وزراعية. كما أشارت العديد من الدراسات إلى تعرض الأنهار للتلوث بالعناصر الثقيلة من مصادر مختلفة كالفضلات المنزلية ونشاطات التعدين والفعاليات الزراعية كإضافة الأسمدة والمبيدات مما يؤثر على التوازن في النظام البيئي المائي

(Karak et al.,2010; Naigaga et al., 2011; Yarsan and Yipel.,2013; Zaki et al., 2014;)

لذا تعد العناصر الثقيلة أخطر ملوثات البيئة المائية، اذ تنتشر استخداماتها في الصناعات المختلفة والتي تصرف مياهها الملوثة دون أي معالجة فتتراكم تلك المواد في المصادر المائية مسببة أخطر انواع التلوث بتلك العناصر ومنها الرصاص، النحاس، الخارصين، الكادميوم والزئبق وغيرها (Li *et al*., 2020; Yang *et al*., 2022).

من أهم مصادر الغذاء الأساسية وواسعة الانتشار في مختلف أنحاء العالم هي الأسماك، إذ تعد ثروة إقتصادية رخيصة الثمن وذات قيمة غذائية عالية وذلك لكونها غنية بالبروتينات الضرورية للإنسان، وهي وهي سهلة الهضم، منخفضة السعرات الحرارية والاحماض الدهنية المشبعة على عكس اللحوم الحمراء، ووفقاً لجمعية القلب الأمريكية (AHA)، يوصى بتناول الأسماك مرتين في الأسبوع للبالغين الذين ليس لديهم تاريخ الإصابة بالنوبات القلبية (Kris-Etherton *et al*., 2002; Javed *et al*., 2016)

تستخدم الأسماك بشكل واسع في تقييم صحة النظم المائية، إذ تعد النموذج المثالي لاستشعار حدوث التلوث وذلك لكونها حساسة جداً لتراكيز قليلة من المعادن في المياه (Aich *et al*., 2015 ;Walia *et al*., 2015; Sharma *et al*., 2019)، كما ان للأسماك القابلية على التراكم بتراكيز أعلى مما في المياه والرواسب بسبب تغذية الأسماك على الطحالب والاحياء الصغيرة إضافة الى المواد العضوية الموجودة في البيئة المائية (Olaifa *et al*., 2004). وتدخل العناصر الثقيلة الى السلاسل الغذائية المائية وخاصة الأسماك إما بصورة مباشرة عن طريق الغذاء أو غير مباشرة عن طريق الغلاصم , (Blackmer ,2000)وينتقل التأثير السام للمعادن الثقيلة من كائن الى آخر عن طريق التغذية عبر السلسلة الغذائية ومن ثم تصل هذه العناصر الى الانسان المستهلك الذي يقع في قمة الهرم الغذائي (Javed and Usmani 2015, 2016b; Javed *et al*., 2016).

المخاطر الصحية للعناصر المعدنية الثقيلة على الإنسان:

تسبب العناصر المعدنية الثقيلة التسمم الغذائي والعاهات المستديمة للإنسان، كما يمكن أن تسبب له الإصابة بالسرطانات والطفرات الجينية، والوفاة في بعض الأحيان، ويحدث التسمم بالعناصر المعدنية الثقيلة عندما تدخل إلى الجسم كمركب بيوكيميائي، أو تتراكم بداخله بكميات أعلى من الحدود المسموح بها على مدى زمني قصير، أو بتركيزات منخفضة على فترات زمنية طويلة.

فعنصر الكادميوم هو من العناصر المعدنية الثقيلة شديدة السمية يسبب التعرض له إلى فقر الدم، وتغير لون الأسنان، وتلف العصب الشمي، وتقرح الحاجز الأنفي، وفقدان حاسة الشم للكائنات المائية (Maurya *et al*., 2019; Malik *et al*., 2020) ، و يعد النحاس من العناصر الضرورية للجسم، يساعد في عمليات التمثيل الغذائي (Kayhan *et al*., 2017)، وهو عامل مساعد لكثير من التفاعلات التي تحدث داخل االخلايا، وتؤثر على عملية التنفس وتسبب تضخم وشحوب لون الغلاصم(Khallaf *et al*., 1998) ، كما

أن وجوده المترافق مع وجود الكادميوم أو الزنك يؤدي إلى زيادة سميته على الأسماك والقشريات والرخويات(Authman *et al*., 2008)، يتركز الرصاص في الأنسجة العضلية لأسماك و الأحياء المائية، و تحدث سمية الرصاص بشكل أقل نسبياً من النحاس والكادميوم، إلا أنه يؤدي ولو بجرعات منخفضة ذائبة في الماء إلى إصابات تنفسية حادة للأسماك، كما أن وجوده بتراكيز عالية في المياه قد يؤدي إلى نفوق الرخويات والقشريات. تعد أملاح الكادميوم أكثر سمية على الأسماك والأحياء المائية الأخرى من العنصر النقي، وذلك بأقل التراكيز(Sfakianakis *et al*., 2015) ، لذا اشارت العديد من الدراسات الى امكانية استخدام الأسماك البحرية واسماك المياه العذبة مؤشراً او دليلاً حيوياً لتلوث البيئة المائية بالعناصر الثقيلة ، والحصول على معلومات واضحة عن مدى التلوث الحاصل في مياه النهر (Mora *et al*., 2003, 2008; Sekiranda, 2006; Das and Chakrabarty, 2007 ; Bud *et al*., 2008; Naigaga *et al*., 2011; Malik *et al*., 2020)

تفيد دراسة الملوثات في الأسماك في الحصول على معلومات واضحة عن مدى التلوث الحاصل في مياه النهر، و قد اعتمدت الأسماك كمؤشر حيوي على التلوث. ما دعا الجهات المعنية بصحة الإنسان في الدول المختلفة إلى وضع معايير وحدود قصوى مسموح بها لتلك الملوثات (Valipour *et al*., 2013)، و يوضح الجدول التالي الحد الأقصى المسموح به لهذه العناصر في كل من المياه والأسماك، و الجدير بالذكر أن هذه النسب تقريبية وتمثل التراكيز الأعلى المسموح بها من هذه العناصر والتي يعد تجاوزها، دليلاً على تلوث المياه.

الجدول(1): الحد الأقصى المسموح به لتراكيز بعض العناصر المعدنية الثقيلة في المياه والأسماك:

الحد الأقصى المسموح به في الأسماك (MG/ G)				الحد الأقصى المسموح به في المياه (MG/L)			عناصرر معدنية الثقيلة
MAFF, 2000	EC, 2005	WHO, 1989	FAO/ WHO, 2011	US EPA, 1999	EPA, 2001	FAO/ WHO, 2003	
20	10	30	30	3.1	2	2000	CU
2	0.5	2	0.5	8.1	1	10	PB
0.2	0.05	1	0.5	9.3	0.5	3	CD

ولدراسة التراكم الحيوي للمعادن الثقيلة في مختلف اعضاء ونسج الأسماك أهمية كبيرة لمعرفة مدى تعرضها خلال فترة حياتها للملوثات، وتستخدم دليلاً حيويا لمعرفة مدى تلوث البيئة المائية التي تعيش فيها، فضلا عن تأثير العناصر الثقيلة على قيمتها الغذائية ونموها وتكاثرها (Mchim and Benoit, 1971; Farkas *et al*., 2002).

نظرا لتعرض نهر الفرات ضمن محافظة ديرالزور للملوثات المختلفة ومنها العناصر الثقيلة والتي تميل للتراكم في الاحياء المائية، أصبح من الضروري إجراء أبحاث لتحسين برامج التقييم بشأن الآثار البيئية الضارة للأنشطة البشرية على البيئة المائية وذلك باستخدام الأسماك كمؤشرات بيولوجية. فقد اختيرت ثلاثة انواع من الأسماك التي تتواجد في مياه نهر الفرات والتي تعد اكثر استهلاكا في محافظة ديرالزور من قبل الانسان

وذات أنظمة غذائية متنوعة، لغرض دراسة التراكم الحيوي لبعض العناصر الثقيلة في عضلات تلك الأسماك واستخدامها دليلاً حيوياً على تلوث نهر الفرات في المحافظة

2-أهداف البحث:

تجلّت أهداف البحث بما يلي:

- تحديد مستوى التلوث ببعض العناصر الثقيلة مثل (pb, cd, cu) في مياه نهر الفرات في محافظة ديرالزور
- قياس معدل تراكم العناصر الثقيلة في عضلات بعض الأنواع السمكيّة (الجزء المأكول) المصطادة منها

3-مواد وطرائق البحث:

3-1- منطقة الدّراسّة:

شملت هذه الدّراسّة مواقع مختلفة في محافظة دير الزور على نهر الفرات ذات أنشطة بشرية مختلفة، إذ يعد نهر الفرات من أطول الأنهار السورية (Whitton,1975) يجري عبر عدد من محافظات القطر، كما يعد شريان الحياة الأساسي لسكان محافظة ديرالزور، إذ يُعتمد عليه وبصورة أساس و كلية، حيث تتم سقاية المزروعات منه وتأمين المياه اللازمة للشرب والصناعة. تم اختيار ثلاث محطات على مياه النهر في دير الزور (حطلة، حويجة صكر، الرشدية) وكما مبين في الخارطة المرفقة:

الجدول (2) الإحداثيات الجغرافية لمحطات الاعتيان.

الموقع	دائرة العرض	خط الطول
حطلة	35.1937 N	40.1134 E
حويجة صكر	35.1856 N	40.1033 E
الرُشدية	35.2046 N	40.0923E

2- طرائق البحث:

- **المادة الحية (الأنواع السمكية المدروسة):**

اختير لهذه الدراسة ثلاثة أنواع سمكية مهمة ومختلفة في نمط تغذيتها، وفي خصائصها البيولوجية، والموائل التي تعيش فيها. جمعت العينات فصلياً بين من شهر أيلول 2021 إلى شهر آذار 2022 لدراسة التراكم الحيوي لبعض العناصر الثقيلة في عضلات الأسماك والتي تستخدم كأدلة حيوية جيدة لدراسة تلوث البيئة المائية بالعناصر الثقيلة.

انواع الأسماك المحلية

1- الكارب الاعتيادي.carpio Cyprinus .

2- سمك الجري Silurus triostegus

3- سمك البني Barbus canis

3-الأعمال الحقلية:

- **جمع عينات المياه وتحليلها**

تمّ جمع 36 عينة من الماء من محطات الدّراسّة الثلاث، وبواقع عينة واحدة شهرياً بدءاً من شهر تشرين الأول عام 2022 ولغاية شهر أيلول عام 2023. وقد تمّ قطف عينات من المياه على عمق 1 م وبعكس اتجاه التيار، وذلك باستخدام عبوات بلاستيكية من البولي إيثيلين Polyethylene سعة (1 لتر)

- **جمع العينات السمكية**

أجريت الجولات الحقليّة خلال الفترة الممتدة من شهر أيلول 2021 إلى شهر آذار 2022، إذ جُمعت العينات السّمكيّة 360 عينة عشوائية من الأنواع السمكية الثلاثة المدروسة من مواقع الدراسة الثلاثة المختارة، بمعدل (10 أفراد لكل نوع سمكي) بشكل فصلي من كل موقع. تمتاز الأسماك قيد الدراسة بأوزان تراوحت بين (500-1000)غ، و حفظت العينات السمكية في الثلج لحين نقلها إلى المخبر.

- **تهضيم العينات السمكية:**

غسل الفرد السمكي بالماء ثنائي التقطير، ثم أخذت عينات بوزن 2 غ وزن رطب من الجزء العضلي، من المنطقة بين منتصف الجسم والذيل وأخرى قريبة من العمود الفقري، باستخدام سكين وملقط بلاستيكي نظيف، ووضعت في أنبوب اختبار نظيف، وهضمت لاحقاً.

- **تحديد تراكيز العناصر المعدنية الثقيلة المدروسّة :**

تم تحديد تراكيز العناصر المعدنية المدروسّة (نحاس، الكادميوم والرصاص) في الرسوبيات النهرية للمناطق المدروسّة باستخدام جهاز الامتصاص الذري (Absorption Atomic Spectrophotometer)موديل (Varian 220) المتوفر في المعهد العالي للبحوث البحرية والذي يعمل بتقانتي طيف اللهب والتزرية الكهروحرارية وهذا يتعلق بتراكيز العناصر المعدنية المدروسّة.

جهاز التحليل بطيف الامتصاص الذري

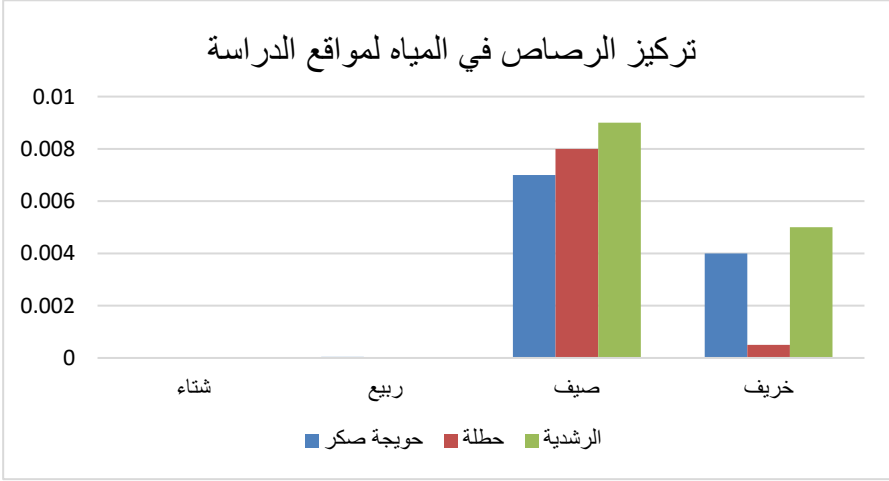
النتائج والمناقشة

في هذه الدراسة تم تحديد تراكيز ثلاث من العناصر المعدنية (pb, cu, cd) في بعض أنواع أسماك المياه العذبة التي تعيش في نهر الفرات المحملة بالمعادن الثقيلة.

- تراكيز العناصر في المياه:

- الرصاص Pb

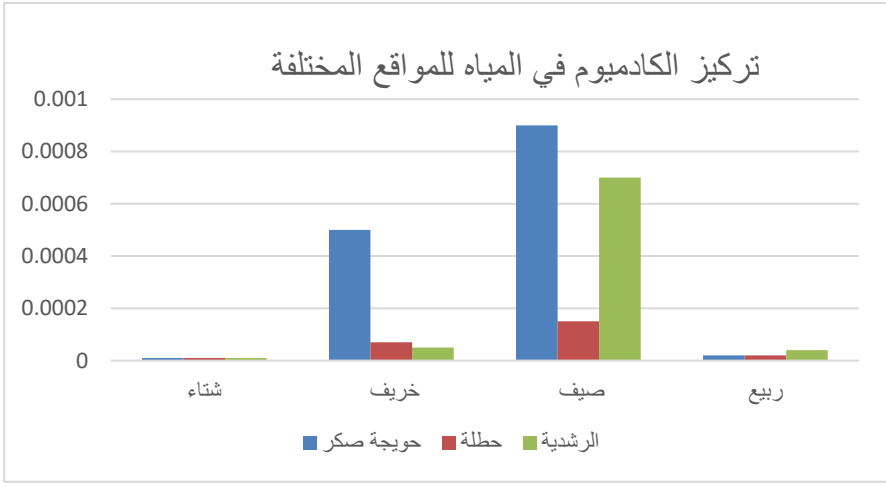
بينت النتائج أن أعلى قيمة لتركيز الرصاص في المياه لموقع الرُشدية خلال فصل الصّيف كانت 0.009 في حين لم يلحظ لوجود الرصاص في موقعي حويجة صكر وحطلة خلال فصل الشّتاء في. وكان المعدل العام(0.0028) مايكروغرام.



شكل(1) التغيرات الفصليّة في تراكيز الرصاص مايكروغرام/غرام في المياه.

- الكادميوم:

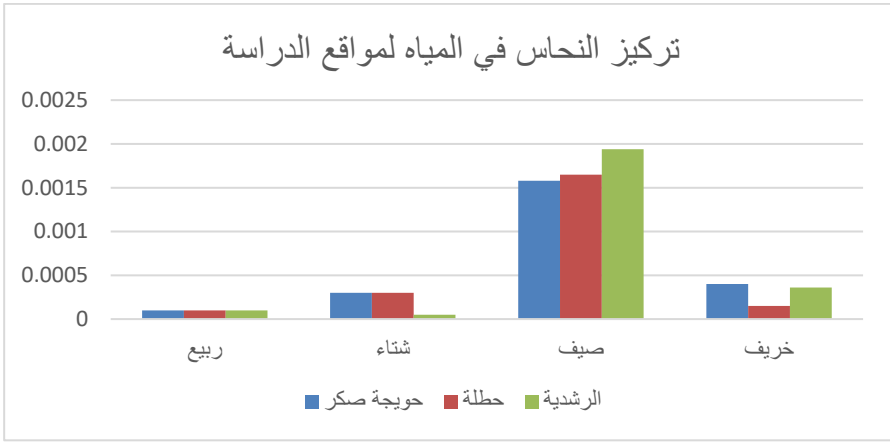
بينت النتائج أن أعلى قيمة لتركيز الكادميوم في المياه كانت 0.0005في فصل الصّيف في موقع حويجة صكر بينما لم يسجل تواجد لتركيز الكادميوم في فصل الشّتاء لكافة المواقع. وكان المعدل العام(0,00002) مايكروغرام.



شكل(2) التغيرات الفصليّة في تراكيز الكادميوم مايكروغرام/غرام في المياه

-النحاس:

بينت النتائج أن أعلى قيمة لتركيز النحاس في المياه خلال فصل الصّيف في موقع الرشيدية وكانت 0.0019في حين سجلت أدنى قيمة خلال فصل الرّبيع ولكافة المواقع المدروسّة وقد بلغت 0.0001.وكان المعدل العام (0.0006) مايكغم/لتر



شكل(3) التغيرات الفصليّة في تراكيز النحاس مايكروغرام/غرام في المياه

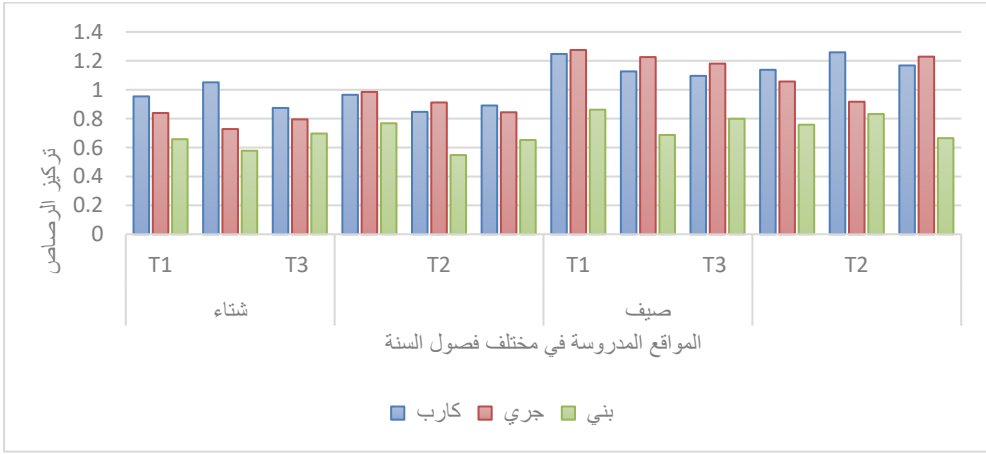
2- تراكيز العناصر المعدنية الثقيلة في الأنواع السمكية المدروسة:

الرصاص Pb :

يبين الشكل ( ) ارتفاع قيم متوسط تركيز عنصر الرصاص في الأنسجة العضلية للنوع السمكي الكارب، إذ بلغت أو تراوحت هذه القيم بين 1.259–0.847µg\g ،. يليه النوع السمكي الجري إذ بلغت أعلى قيمة له 1.275 µg\g في الموقع T1 وأدنى قيمة 0.728 µg\g في وأخيراً النوع السمكي البني والذي سجل أعلى قيمة لتركيز العنصر 0.862µg\g الموقع, T1 وأقل قيمة 0.548

تبين من خلال التحليل الإحصائي تفوق سمك الكارب شتاء على بقية الأنواع السمكية الأخرى وبفارق معنوي ومن ثم تلاه سمك الجري، ثم سمك البني

كما تبين عدم وجود فروق معنوية مابين سمك الكارب والجري في كل من (الصيف، الخريف، الربيع) وتفوقهما على سمك البني وبفروق معنوية

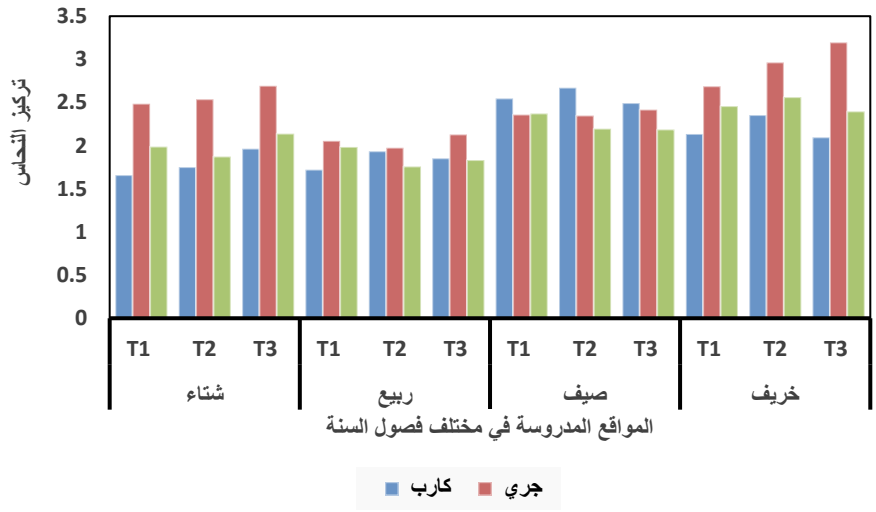


الشكل(4) تركيز الرصاص للأنواع السمكية الثلاثة خلال مراحل الدراسة .

النحاس Cu

يبين الشكل ( ) ارتفاع قيم متوسط تركيز عنصر النحاس في الأنسجة العضلية للنوع السمكي الجري، إذ بلغت أو تراوحت هذه القيم بين 3.196 –1.975g\µg ،. يليه النوع السمكي البني إذ بلغت أعلى قيمة له 2.561 g\µgفي الموقع T2 وأدنى قيمة 1.759 g\µg في وأخيراً النوع السمكي الكارب والذي سجل أعلى قيمة لتركيز العنصر 2.671g\µg الموقع, T2 و أقل قيمة 1.658

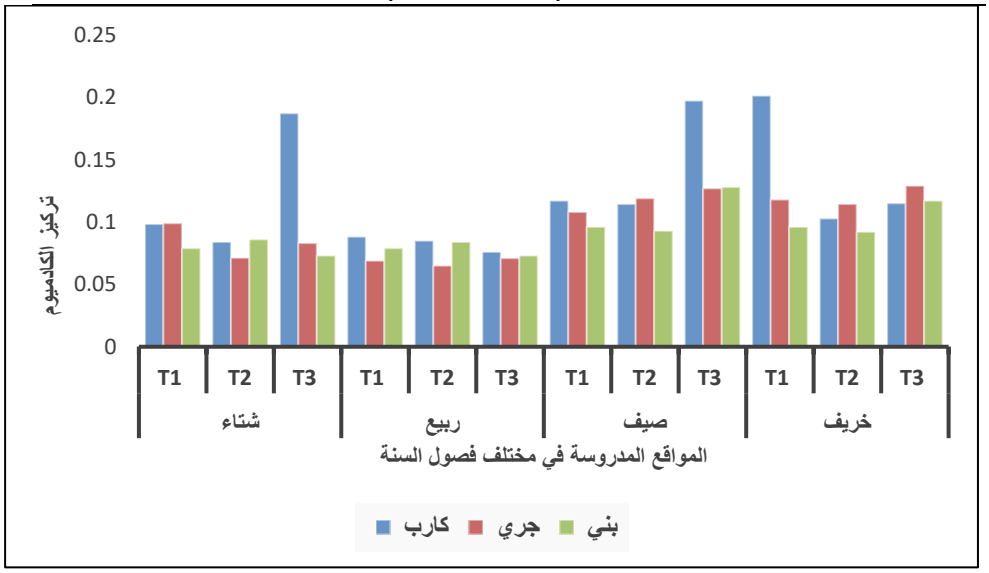
من خلال التحليل الإحصائي تبين تفوق سمك الكارب في فصل الصيف في الموقع الثاني وبفارق معنوي على باقي الأنواع السمكية تلاه سمك الجري في الموقع الثالث ومن ثم تلاه البني في الموقع الأول



الشكل(5) تركيز النحاس للأنواع السمكية الثلاثة خلال مراحل الدراسة

الكادميوم Cd

يبين الشكل ( ) ارتفاع قيم متوسط تركيز عنصر الكادميوم في الأنسجة العضلية للنوع السمكي الكارب، إذ بلغت أو تراوحت هذه القيم بين 0.2021 –0,076 µg\g ،. يليه النوع السمكي الجري إذ بلغت أعلى قيمة له 0,129 µg\g في الموقع T3 وأدنى قيمة 0,065 µg\gوفي وأخيراً النوع السمكي البني والذي سجل أعلى قيمة لتركيز العنصر 0.128µg\g الموقع, T3 وأقل قيمة كانت في الشتاء والربيع 0.073



الشكل(6) تركيز الكادميوم للأنواع السمكية الثلاثة خلال مراحل الدراسة

الاستنتاجات:

- سجلت عينات المياه تراكيز أقل منها في العينات السمكية وذلك في جميع مواقع الدراسة خلال فصول السنة، إذ تجمع الكائنات الحية ومن ضمنها الأسماك الملوثات في أنسجتها (10^{2} – 10^{4}) مرة من تركيزها في المياه المحيطة نتيجة خاصية التراكم الحيوي(Bio –accumulation) ، والتركيز أو التعاظم الحيوي,(Bio –magnificatio).
- أظهرت نتائج البحث الحالي أن تراكيز العناصر المعدنية الثقيلة الثلاثة المدروسة، في الأسماك أكثر مما في مياه نهر الفرات، مايجعل من الأسماك مؤشر حيوي للتلوث الحاصل بالنهر. إلا أن تراكيز العناصر أقل من الحدود

القصوى المسموح بها من قبل المنظمات الدولية في كل من المياه و الأسماك وبالتالي فهي لا تشكل خطر على صحة الإنسان في الوقت الحالي (EPA. 2001).

- تتميز أسماك نهر الفرات بتراكيز عالية نسبياً من الكادميوم وفي كافة المواقع، يمكن تشخيص مصدرين محتملين للزيادة العامة في تركيز الكادميوم في بيئة نهر الفرات هما الأسمدة الفوسفاتية الحاوية على تراكيز عالية من هذا العنصر بشكل قابل للذوبان والذي ينتقل إلى البيئة النهرية عبر المياه الجوفية إلى النهر عبر طبقة التربة. والمصدر الثاني هو المياه المصرفة إلى النهر بدون معالجة .
- ارتفاع تراكيز العناصر عموماً في فصلي الربيع والصيف عنها في فصلي الشتاء والخريف في جميع المواقع ولكافة العناصر المدروسة، و يمكن أن يعزى ذلك إلى ارتفاع درجة الحرارة صيفاً، وازدياد التبخر و بالتالي ازدياد تراكيز أملاح هذه العناصر في المياه، والذي يظهر تأثيره عن طريق زيادة تراكيزها في الأسماك، فضلاً عن ازدياد الأنشطة البشرية وكثافتها في فصل الصيف وتتناقص في فصل الشتاء.

التوصيات:

- توصي هذه الدراسة باستخدام الأسماك كمؤشرات بيولوجية قيّمة في تقييم التلوث البيئيّ المائي، إذ أنه من الضروري تقديم مزيد من المعلومات حول تلوث الكائنات المائية بالمعادن الثقيلة لضمان سلامة الغذاء الصحي وسلامة الصحة العامة.
- معالجة المياه الصرف قبل إطلاقها إلى البيئة النهرية ووضع رقابة بيئية على تراكيز العناصر السامة التي تحتويها.

- ترشيد استعمال الأسمدة الفوسفاتية في الزراعة.
- متابعة الموضوع من خلال إجراء تحاليل دقيقة لمياه الصرف الصحي والزراعي ومعالجتها قبل صرفها إلى النهر.
- الاستمرار في مثل هذه الدراسات لما لها من أثر كبير في تحديد و تأكيد إمكانية الأسماك في مراكمة العناصر المعدنية و بالتالي إمكانية الاستفادة منها لاحقا في عمليات معالجة المياه الملوثة .

6-المراجع:

6-1-المراجع الأجنبية:

..-Aich, A., Goswami, A.R., Roy, U.S. and Mukhopadhyay, S.K. (2015). Ecotoxicological assessment of tannery effluent using guppy fish (Poecilia reticulata) as an experimental model: a biomarker study. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 78: 278–286.

-Authman MMN. (2008). Oreochromis niloticus as a biomonitor of heavy metal pollution with emphasis on potential risk and relation to some biological aspects. Global Vet., 2. (3): 104–109.

-Bud, I., Ladosi D., Reka, St., Negrea, O. (2008). Study concerning chemical composition of fish meat depending on the considered fish species. Lucrări stiinŃifice Zootehnie si Biotehnologii, Timisoara. 2: 201-206.

- Das, S.K., Chakrabarty, D., 2007. The use of fish community structure as a measure of ecological degradation: a case study in two tropical rivers of India. Biosystems 90 (1), 188–196.

- EC. (2005). European Community, Commission regulation No.1881/2006. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (pp. OJ, L364/5). Official J. Eur. Union.

- FAO/WHO (2011). International programme on chemical safety, Seventy-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives WHO technical report series no. 960.

- Gallardet, J.; Viers, J.; Duper, B. (2004). Trace element in river water. Treaties on Geochem., 5, 225-272.

-Javed M, Usmani N, Ahmad I, Ahmad M (2015) Studies on the oxidative stress and gill histopathology in Channa punctatus of the canal receiving heavy metal-loaded effluent of Kasimpur

Thermal Power Plant. Environ Monit Assess 187:4179. doi:10.1007/s10661-014-4179-6

- Javed, M., Usman, N. Accumulation of heavy metals and human health risk assessment via the consumption of freshwater fish Mastacembelus armatus inhabiting, thermal power plant effluent loaded canal. Journal of i SpringerPlus. 2016, 5:776

-Javed M, Ahmad I, Usmani N, Ahmad M (2016b) Studies on biomarkers of oxidative stress and associated genotoxicity and histopathology in Channa punctatus from heavy metal polluted canal. Chemos 151:210–219

-Karak, J.; Anaser, O.; Shehab, Th. (2010). Accumulation of some heavy metals in Himr Barbu sluteus and common Carp cyprinus carpio fish in Euphraters river. Syria, J. Animal and Poultry Prod., Manasoura Univ., 1(12), 669-675.

-Kayhan, F.E., N. Büyükurganci & G. Büyükurganci. (2017). Accumulation of heavy metals in commercially important fish species in the Gulf of Gemlik, Marmara Sea, Turkey. Aquat. Sci. Eng.Leblanc E.L., Leblanc R.J. and Blum S.E. J. food Sci. 32. (4): 178-183

-Khallaf, E.A., M. Galal and M. Authman. (1998). Assessment of heavy metals pollution and their effects on Oreochromis niloticus in aquatic drainage water. J. Egypt German Soc. Zool., 26: 39-74

.- Kris-Etherton PM, Harris WS, Appel LJ (2002) AHA Nutrition Committee. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. Circulation 106:2747–2757

-Li W, Liu JA, Hudson-Edwards K (2020) Seasonal variations in arsenic mobility and bacterial diversity: the case study of Huangshui Creek, Shimen Realgar Mine, Hunan Province, China. Sci Total Environ 749:142353–142364

- Malik, D.S., Sharma, A. K., Thakur, R. & Sharma, M. A review on impact of water pollution on freshwater fish species and their aquatic environment. Journal of Advances in Environmental Pollution Management. 2020, PP:11-28.

- Maurya, P.K., Malik, D.S. and Sharma, A.K. (2019). Impacts of pesticides application on aquatic environments and fish diversity. In: Kumar, V., Kumar R., Singh, J. and Kumar, P. (eds) Contaminants in Agriculture and Environment: Health Risks and Remediation, Volume 1, Agro Environ Media, Haridwar, India, pp. 111-128.

-Mora, C., Chittaro, P.M., Sale, P.F., Kritzer, J., Ludsin, S.A., 2003. Patterns and processes in reef fish diversity. Nature 421, 933–936

- Mora, C., Tittensor, D.P., Myers, R.A., 2008. The completeness of taxonomic inventories for describing the global diversity and distribution of marine fishes. Proc. Roy. Soc. B 275, 149–155.

- Naigaga, I., Kaiser, H., Muller, W.J., Ojok, L., Mbabaz, D., Magezi, G. & Muhumuza, E. Fish as bioindicators in aquatic environmental pollution assessment: A case study in Lake Victoria wetlands, Uganda. Journal of Physics and Chemistry of the Earth.2011,36, PP: 918–928.

- Sekiranda, S.B.K. 2006. Water Quality Patterns, Invertebrates and Fish Community Structure in Three Shallow Bays of Lake Victoria (Uganda) with Varying Catchment Land Use. Ph.D. Thesis, Makerere University, Kampala, Uganda, 411pp

- Sfakianakis DG, Renieri E, Kentouri M, Tsatsakis AM. (2015). Effect of heavy metals on fish larvae deformities. A review. Enviro. Res., 137.: 246–255.

-Song B, Lei M, Chen T, Zheng YM, Xie YF, Li XY, Gao D (2009) Assessing the health risk of heavy metals in vegetables to the general population in Beijing, China. J Environ Sci (China) 21:1702–1709

- Sharma, A.K., Malik, D.S. and Tyagi, D. (2019). Food and feeding habits of Tor tor (Hamilton, 1822) and Schizothorox richordsonii (Gray, 1832) inhibiting Bhagirathi river, Tehri Garhwal, India. International Journal of Science and Nature, 10(1): 97-103

-Valipour M, Mousavi SM, Valipour R, Rezaei E. (2013). A new approach for environmental crises and its solutions by computer modeling. In: The 1T International Conference on Environmental Crises and its Solutions, Kish Island, Iran.

-Walia, G.K., Handa, D., Kaur, H. and Kalotra, R. (2015). Ecotoxicological studies on fish, Labeo rohita exposed to tannery industry effluent by using micronucleus test. Nucleus, 58: 111-116.