تأثير السمية المزمنة للكادميوم على نمو يرقات أسماك البلطي الأبي Tilapianilotica والبلطي الأحمر T.mossambica

د. طارق محمد صالح
كلية العلوم جامعة مصراته
أ. بشير مصطفى عبد السيد
المعهد العالي لإعداد المعلمين بزليتن

المقدمة

تتعرض البيئة المائية للعديد مِن الملوثات منها الأسمدة الزراعية والهيدروكربونات النفطية والمعادن الثقيلة والمبيدات والتلوث الحراري والإشعاعي وغيرها والتي تطرح عَن طريق رمي الفضلات الصناعية والمخلفات الزراعية والمنزلية بصورة مباشرة أَو غير مباشرة في المياه الطبيعية.

وقَد انبثق علم السموم البيئية (Ecotoxicology) الذي يهتم بدراسة التأثيرات الضارة للملوثات السامة ويُعنى بتسجيل وتقييم تلك التأثيرات للمواد الكيميائية في الأنظمة البيئية عَن طريق إجراء دراسات على المستوى تحت الخلوي (Sub-)

cellular والخلوي (Cellular) وعلى مستوى الكائنات الحية ومجاميعها طبقًا للخصائص الكيميائية والطاقية والعلاقات الوظيفية لأجل التعرف على أسباب هذه التأثيرات لتقييمها ومِنع الضرر واقتراح التدابير الإصلاحية أَو العلاجية المحتملة (Markert & Oehelmann, 1998).

تعد المعادن الثقيلة مِن الملوثات البيئية الخطرة والسامة حيث تمتيز بعدم إمكانية أَو بطيء تحللها بواسطة البكتيريا والعمليات الطبيعية الأخرى فضلا عَن ثباتها في البيئة والذي يمكنها مِن الانتشار لمسافات بعيدة عَن مواقع نشوئها. ولعلَّ أخطر ما فيها يعود إلى قابليةُ بعضها على التراكم الحيوي في أنسجة وأعضاء الكائنات الحية (السعدي وجماعته، 1986).

توجد المعادن الثقيلة مثل النحاس والكروم والكادميوم بتراكيز منخفضة جدًا في أنسجة العديد مِن الأنواع الحيوانية وتعد ذات أهمية بيولوجية إذ أنَّ بعضها يدخل في تركيب العديد مِن الجزيئات المهمة مِن الناحية الحياتية فَقَد تصل تراكيزها إلى حدود 400 مكجم. جم ل$^{-1}$. كذلك توجد المعادن الثقيلة في البيئة المائية الطبيعية بتراكيز منخفضة قد لا تتجاوز 50 مكجم ل$^{-1}$ (Allen et al., 1973).

إلا أنَّ المعادن الثقيلة بشكل عام لم تحافظ على مستوياتها الطبيعية في البيئة المائية نتيجة للتطور الصناعي الذي يتسبب في طرح كميات كبيرة مِن المخلفات التي تحوي على العديد مِن الملوثات مِن بينها المعادن الثقيلة إلى البيئة المائية.

وفي البيئات المائية التي تستقبل تلك المخلفات، تتراكم المعادن الثقيلة وعند وصولها إلى مستويات تحت مميتة للأسماك والأحياء المائية الأخرى فإنها تدخل أجسام هذه الأحياء مِن خلال الجهاز التنفسي والهضمي وسطح الجسم العام. أَو أنَها تدخل بصورة غير مباشرة مِن خلال السلسلة الغذائية التي تكون الأسماك جزءاً منها وهذا يجعل لحوم الأسماك التي تعيش في المياه الملوثة غير صالحة للاستهلاك البشري. إضافة إلى ذلك فإن للتلوث البيئي آثاراً سلبية أخرَى على المورد المائي وبشكل خاص على الأسماك. حيث وجد أنَّ الأسماك التي تعيش في بيئات ملوثة بالمعادن الثقيلة تكون هزيلة وتنخفض قدرتها الطبيعية على النمو كما يحدث اختزال كبير في أعدادها وفقدان قدرتها على التكاثر بشكل طبيعي (Ellis,1944). ومع تفاقم مشكلة تلوث البيئة المائية بدأت المعادن الثقيلة بالتراكم في المياه إلى أنْ تجاوزت في أحيان كثيرة حدود تحمل الأحياء المائية ومنها الأسماك مما تسبب في موت أعداد كبيرة منها (Koli et al.,1977).

لقد حظيت مشكلة التلوث بالمعادن الثقيلة باهتمام العديد مِن العلماء الذين درسوا التأثير السمي لها على الأسماك كما جاء مثلا في البحوث التي أجراها (1938 Spehar Curtisetal., 1979 Mckimetal., 1975 ; Ball,1967 ; Jones, Bradleyetal.,1985; Chung, 1983 Kaviraj&Konar,1982etal.,1981; ; Khalil, 1988 ; Dawoud, 1988 ; اوحيـــــــــــــدة 1997; El- 1999 .(Demerdash & Elagamy,

تتباين سمية المعادن الثقيلة باختلاف أنواعها فيكون لبعضها سمية أعلَى مِن الأنواع الأخرى فعلى سبيل المثال يمتاز النحاس بسميةٍ عاليةٍ مقارنة بالعديد مِن المعادن الثقيلة الأخرى. وتكون درجة سمية الكادميوم أقل مِن النحاس، أما الكروم فإنَّ درجة سميته تكون عادة أقل مِن النحاس والكادميوم (1966 & Pickering ; ; Kaviraj & Konar, 1982 Solbe & Cooper, 1976; Henderson, .(1997 ،اوحيدة ; Dawoud 1988 Palwaski et al.,1985

إنَّ العديد مِن العوامل قد تحور مِن درجة سمية المعادن الثقيلة منها عوامل داخلية مثل نوع الأسماك وحجمها وعمرها وجنسها ومعدلات نموها وحالتها الفسلجية. (Anderson &Spear, 1980 ; Solbe & Cooper,1976 ;Abeeg, 1950). وأخرى خارجية مثل درجة حرارة الماء وعسرته وقيمة الرقم الهيدروجيني وتركيز الأوكسجين المذاب (Pickering &Henderson, 1966 ; 1978 ; 1975; Cairns et al., 1981 ; Dave et al., 1988,Dawoud ; اوحيدة، 1997).

كما أنَّ للمعادن الثقيلة تأثيراً على العديد مِن الفعاليات الأيضية في الأسماك مثل معدل تراكمها الحيوي في الأنسجة المختلفة والنشاط الحركي وسرعة النمو ومعدل التنفس.....الخ (Benoit; , 1976 ; O'Hara, 1971 ; Jones, 1947 Abaychi & Al- Saad 1988; Latif et al., 1982 ; Ehmayed, 1979 .(Dawoud, 1988

يتباين نمو الأنواع المختلفة لأسماك البلطي بشكل ملحوظ، ويعود هذا الاختلاف في معدلات النمو تبعاً للتباين بين الأنواع بالدرجة الأولى وتبعًا للأفراد ضمن النوع الواحد. كما أن معدل النمو يعتمد أيضا على الغذاء المتوفر (الطبيعي والاصطناعي). في المياه الغنية يكون النمو أسرع بكثير كما أنه يتأثر كذلك بدرجة

حرارة الماء. في البيئات الطبيعية قد تصل الأنواع الكبيرة من البلطي إلى 40 سم في الطول وتزن ما بين 1.200 إلى 1.300 جرام. في مثل هذه المياه قد تصل أنواع من البلطي إلى طول 20 سم. (150 جرام في الوزن) بعد عشرة إلى أحد عشر شهراً، إلا أن مثل هذه الأسماك قد لا تصل إلى وزن 100 جرام في المياه قليلة الغذاء خلال سنة من النمو. وفى أنواع البلطي التي تمارس فيها الأسماك البالغة حضانة البيوض داخل الفم (Mouth incubation) تنمو الذكور البالغة بمعدلات أسرع من نمو الإناث وقد يعود ذلك إلى أن الإناث أثناء فترة الحضانة لا تتغذى على الإطلاق (Huet,1986).

إنَّ للتلوث البيئي للمياه آثاراً سلبيةً على العديد من الفعاليات الحيوية للأحياء المائية بشكل عام والأسماك على وجه الخصوص. حيث وجد أنَّ الأسماك التي تعيش في بيئات ملوثة بالمعادن الثقيلة تكون هزيلة وتنخفض قدرتها الطبيعية على النمو كما يحدث اختزال كبير في أعدادها وفقدان لقدرتها على التكاثر بشكل طبيعي (Ellis,1944).لم تحظ التأثيرات المزمنة (Sub-lethal) للمعادن الثقيلة على نمو الأسماك بنفس الاهتمام الذي حظيت به الدراسات الخاصة بالتأثيرات السمية الحادة (Lethal) للمعادن على هذه الأنواع من الحيوانات المائية. وقد يعود ذلك إلى أن الدراسات المزمنة للتراكيز تحت المميتة للمعادن الثقيلة على الأسماك تستغرق فترة زمنية طويلة نسبيا (أسابيع، أشهر أو حتى سنوات)، بينما لا تأخذ اختبارات التأثيرات السمية الحادة سوى أيام معدودة. وعلى هذا الأساس فإن البحوث المنجزة في مجال تأثير المعادن الثقيلة على النمو هي أقل بكثير مقارنة بتلك البحوث الخاصة بالتأثيرات السمية الحادة. إلا أنه ومن خلال ما يتوفر من دراسات حول تأثير المعادن الثقيلة على معدلات النمو في الأسماك يتضح أنَّ تلوث المياه بالمعادن الثقيلة يكون له أثرٌ سلبيٌ على سرعة النمو بشكل عام.

فلقد وجد Carbonelletal.,1993 اختزال في معدل النمو في السمكة من نوعOncorhynchus mykiss والسمكة من نوع Salvelinus fontinalis والسمكة من نوع Salmo solar والسمكة من نوع Oncorhynchus kisutch والسمكة من نوع Sparus auratus عند تعرضها للمعادن الثقيلة . كما لوحظ انخفاض في معدل نمو سمكة الكوبي من نوع Poecilia reticulata عند تغذيتها على الحيوان القشري من نوع Moina macrocopa المحمل بالكاديوم خلال

المراحل الأولى إلا أن أفراد هذه السمكة استعادت معدل نموها الطبيعي لاحقًا(Hatakeynma & Yasuno,1982).

ووجد الباحثان (Hatakeynma & Yasuno 1987) أنَّ معدل نمو إناث وذكور سمكة الكوبي من نوع Poecilia reticulata التي تم تعريضها للكادميوم المذاب في الماء قد انخفض بشكل ملحوظ بعد سبعين يوما من بدء التجربة. أمَّا تعريض هذه الأسماك للكادميوم عن طريق تغذيتها بيرقات ذبابة Chironomus yoshimatsui المحملة بالكادميوم لفترة 20، 48 و 225 يوماً لم يكن له تأثير ملحوظ على نمو الذكور في حين انخفض وزن الإناث بنسبة 68% مقارنة بوزن الأسماك الضابطة (Hatakeynam & Yasuno.,1987). وفي دراسة أخرى حول تأثير الكادميوم على نمو الأطوار اليرقية المبكرة لسمكة المينو من نوع Cyprinodon variegates تبين أنَّ التعريض لتراكيز 0.39، 5.8، 18 و 48 ميكروجرام ل$^{-1}$ من الكادميوم تسبب في اختزال ملحوظ في طول اليرقات والذي كان 4.42، 4.07، 4.24 و 4.17 مليمتر على التوالي بعد فترة سبعة أيام من التعريض للمعدن. أما تعريض الأطوار اليرقية المبكرة لتراكيز 446 و 1.02 ميكروجرام ل$^{-1}$ من الكادميوم فقد تسبب في تشوهات تعذر معها قياس طول اليرقات (Meteyer et al.,1988).

وفي يرقات سمكة البلطي من نوع Oreochromis mossmbicus وجد Hwangetal.,1995 أنَّ النمو قد انخفض بشكل ملحوظ عند تعرض اليرقات للكادميوم بتركيز 200 ميكروجرام ل$^{-1}$ لمدة أربعة أيام حيث اختلف النمو بدرجة معنوية عالية عند مقارنتها بنمو مجموعة من اليرقات الضابطة مع نمو يرقات ثم تعريضها للكادميوم بتركيز 50 ميكروجرام ل$^{-1}$ لمدة أربعة أيام.

كما لاحظ Hwang&Yang 1997 أنَّ التعريض المسبق ليرقات سمكة البلطي من نوعO.mossambicus لمدة أربعة أيام لتراكيز الكادميوم 50 و 100 ميكروجرام ل$^{-1}$ أدى إلى انخفاض في معدل نموها بعد إعادتها إلى ماءٍ خالٍ من المعدن مقارنة بمعدل نمو الأسماك الضابطة. ومِن ناحية أخرى لم يكن لمزيج مِن الكادميوم والزئبق والزنك (0.01، 0.1 و 1.0 ملجم ل.$^{-1}$ Hg , Cd , Zn على التوالي) أي تأثير على معدل نمو يرقات سلالتين من الأسماك من نوع O.nilotica عند مقارنتها بنمو اليرقات الضابطة (Lourdes et al., 1993).

من المعروف أن الأسماك تتعرض للمعادن الثقيلة بشكل مباشر في الماء المحيط إضافة إلى تعرضها غير المباشر لتلك المعادن من خلال السلسلة الغذائية حيث تتراكم المعادن في الكائنات الحية المائية التي تستخدمها الأسماك كغذاء وبالتالي تتسبب المعادن الثقيلة التي تدخل جسم الأسماك عن هذا الطريق بتأثيرات سلبية على العديد من الفعاليات الحيوية ومنها معدل النمو. فعلى سبيل المثال وجد Hatakeynma &Yasuno, 1982 أنَّ نمو سمكة الكوبي Poecilia reticulata قد انخفض عندما تم تغذية الأسماك على يرقات ذبابة Chironomus المحملة بالكادميوم.

من ناحية أخرى فإنَّ وجود المعادن الثقيلة في البيئة المائية قد يؤثر على بقاء وتكاثر ونمو الأحياء المائية التي تمثل المصدر الغذائي للأسماك. لقد أوضحت بعض الدراسات التي أجريت حول تأثير المعادن الثقيلة على نمو القشريات المائية التي تعتبر غذاءً أساسياً لأنواع عديدة من الأسماك ومنها أسماك البلطي الأبيض والبلطي الأحمر واللذان يعتبران من مجموعة الأسماك القارتة (Omnivores وآكلات الكائنات صغيرة الحجم Microphgous) (Huet, 1986). إن تعرض القشريات إلى المعادن الثقيلة يؤثر على معدل تكاثرها ونموها مما قد يتسبب في نقص كمية الغذاء المتاح للأسماك وبالتالي قد يشكل عائقا لنموها. فلقد وُجِدَ أنَّ الهائمات الحيوانية تعد من مكونات النظام البيئي المائي الأكثر تأثراً بالكيماويات السامة (Reeve et al., 1976).

ومن الدراسات التي أجريت في هذا المجال تلك التي قام بها (Bertram & Hart 1979) حول بقاء وتكاثر برغوث الماء Dphnia pulex المعرض للكادميوم عن طريق الغذاء أو الماء والتي أوضحت أنَّ هذا المعدن قد تسببَ في انخفاض معدل التكاثر من خلال تأثيره على عدد الحَضْنَات لكل أنثى وعلى عدد الصغار في كل حَضْنَة كما أنهُ أدى إلى إطالة متوسط زمن الجيل أنَّه تسبب في تأخير معدل النمو والنضوج كما لوحظ انخفاض في معدل نمو يرقات الذبابة المائية من نوع Tanyarsus sdissimilis عند تعريضها للنحاس بتراكيز بين 2 و 28 ميكروجرام ل$^{-1}$ والكادميوم بتراكيز 2و6 ميكروجرام ل$^{-1}$(Andersonetal.,1980).

وبصورة مشابهة تسبب الكادميوم بتركيز منخفض 0.01 ملجم ل$^{-1}$ في إعاقة سرعة معدل النمو الطبيعي ليرقات الحيوان القشري من جنس (Bagshawetal., 1986) Artemia .

ومن ناحية أخرى لوحظ من قبل De Nicola Giudici et al.1988 , أنَّ معدل نمو الأفراد الفتية للحيوان القشري من نوع Asellus aquaticus قد انخفض بشكل كبير عند تعرضها للنحاس بتركيز 5 ميكروجرام ل$^{-1}$ بينما تسبب الكادميوم بتركيز مماثل بالزيادة في معدل النمو مقارنة بالحيوانات الضابطة.

تتميز الأسماك العظمية في المياه العذبة بقدرات نشطة لتجميع أيونات الكالسيوم من الغذاء والمحيط المائي. تعتبر الخياشيم والأمعاء والكلى المواقع الأكثر أهمية لتبادل أيونات الكالسيوم بين البيئة الداخلية للأسماك والمحيط الخارجي. إلا أنَّه من ناحية أخرى يعتقد أن الخياشيم تمثل الطريق الأساسي للامتصاص المباشر لأيونات الكالسيوم من الماء (Perry & Wood 1985 , Flik; et al., 1985). لقد ذكر Meteyeretal.1988 أنَّ الكالسيوم يلعب دورا مهما بشكل فريد في التحكم بمعدل النمو الجنيني إضافة إلى أهميته في بناء ونمو هيكل الجسم لاحقا.

قد سبق أن لاحظ Rosenthal&Alderdice, 1976 أنَّ عنصر الكادميوم يثبط دخول أيونات الكالسيوم إلى الأنسجة الهيكلية للجنين ويحتمل أن هذا التداخل بين الكادميوم والكالسيوم يسبب تثبيطا في نمو أنواع متباينة من الأسماك.

يهدف البحث الحالي إلى محاولة تقييم بعض الجوانب المتعلقة بسمية الكادميوم على نوعين مِن أسماك البَلطي هما:البَلطي الأبيَض Tilapia nilotica والبلطي الأحمَر T.mossambica والتي يتم تربيتها في مزرعة عين كعام بالقرب مِن مدينة زليتن في الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى. وقَد تضمَّنت الدراسة محاولة للتعرف على التأثير السمي تحت المميت (التأثيرات المزمنة Sub-lethal or Chronic Toxicity) لتراكيز منخفضة مِن الكادميوم على معدلات النمو.

المواد وطرق العمل

1.2 المواد المستخدمة

1.1.2.الحيوانات التجريبية

تم في البحث الحالي استخدام نوعين من أسماك البلطي هما البلطي الأبيض Tliapia nilotica والبلطي الأحمر T. mossambica. واللذين يعودان إلى صنف الفقاريات (Class: Vertebrata) وإلى تحت صنف الأسماك العظمية (Subclass: Osteichthyes) وإلى رتبة (Perciformes:Order) وإلى عائلة

(Family: Cichlidae) وإلى جنس (Genus: Tilapia)، وذلك لغرض إجراء دراسة مقارنة للتأثير السمي المزمن (Chronic Toxicity) (تحت المميت - Sub lethal) لمعدن الكادميوم على هذين النوعين من الأسماك.

تعتبر الأنواع المختلفة مِن البَلطي (Tilapia) مِن الأسماك القادرة على تحمل درجات الحرارة العالية نسبيا إضافة إلى أنَّ متطلباتها التنفسية منخفضة بعض الشيء، كما يسهل نقلها وتكثيرها لذلك انتشرت بنجاح خارج بيئاتها الطبيعية. تعتبر أسماك البَلطي مِن أسماك المياه الدافئة، حيث تقع درجة الحرارة الملائمة لها فوق 20°م وقَد تصل إلى 30°م وأعلَى، في بعض الأحيان، كما أنَّ درجة الحرارة الدنيا التي تستطيع الأسماك تحملها تقع بَينَ 12°م إلى 13°م باستثناء بعض الأنواع حيث تكون درجة حرارة التحمل الدنيا للنوع T.sparrmani هي 8°م (Huet , 1986).

شملت الأسماك المستخدمة في الدراسة الحالية يرقات حديثة التفقيس بطول يتراوح ما بين 0.8 إلى 2.0 سم. وقد تم الحصول على هذه المجاميع المختلفة من مزرعة عين كعام لتفريخ الأسماك بزليتن.

اليرقات حديثة التفقيس والتي استخدمت لتقييم تأثير الكادميوم على معدل النمو، فقد استعملت في التجارب مباشرة وذلك تفادياً للزيادة في الطول نتيجة نموها أثناء فترة التكيف للظروف المعملية.

2.1.2 المعادن الثقيلة المستخدمة في الدراسة

استخدم في البحث الحالي المعدن الثقيل الكادميوم (Cd) على شكل كبريتات الكادميوم ($CdSO_4$) ذات نقاوة عالية والمصنعة من الشركة البريطانية (BDH) British Drug House.

لغرض الحصول على تراكيز مختلفة للمعدن المستخدم في التجارب الحالية تم تهيئة محلول خزين (Stocksolution) بتركيز 1000 ملليجرام من المعدن لكل لتر من الماء المقطر (ملجم ل$^{-1}$) وذلك مِن خلال الحصول على وزن محدد من الملح الخاص بعد حساب نسبة وزن المعدن إلى الوزن الجزيئي للملح كما يأتي:

وزن المركب (ملجم)	المركب الكيميائي	وزن المعدن المكافئ (ملجم)
1854	**كبريتات الكادميوم ($Cd\ SO_4$)**	**1000**

بعد الحصول على وزن الملح المحدد للمعدن، باستخدام ميزان كهربائي حساس، من نوع (Hitachi) أذيبت كل الكمية من الملح في لتر واحد من الماء المقطر باستخدام دوارق حجميه سعة لتر واحد. وقد تم بعد ذلك تخفيف هذا المحلول الخزين بنسب مختلفة باستخدام ماء الصنبور الخالي من الكلور للحصول على التراكيز المطلوبة من المعدن في التجارب.

حفظ المحلول الخزين للمعدن عند درجة حرارة 4°م وذلك للحفاظ على تراكيزها من التغير خلال فترة التخزين لاستخدامها عند الحاجة. يوضح الجدول (1) بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لماء التخفيف المستخدم مقارنة بالصفات الفيزيائية والكيميائية لماء مزرعة عين كعام لتربية وتفريخ الأسماك بزليتن.

	القيمة	
	ماء الصنبور	الماء المستخدم في المزرعة
المواد الصلبة الذائبة الكلية (ملجم ل$^{-1}$)	1848	4942
العسرة الكلية (ملجم ل$^{-1}$ $CaCO_3$)	456.41	756.68
الرقم الهيدروجيني (pH)	7.30	7.43
التوصيل الكهربي مايكروموس. سم$^{-1}$	2640	7060

2.2. تأثير الكادميوم على معدل النمو

لتحديد تأثير الكدميوم على معدل نمو اليرقات حديثة التفقيس مِن أسماك البلطي الأبيض والبلطي الأحمر تم الحصول على مجاميع من كل نوع من اليرقات تضم كل مجموعة 40 يرقة (متوسط الطول تراوح بين 1.03 إلى 1.12 سم بالنسبة للبلطي

الأبيض و0.8 إلى 0.85 سم بالنسبة للبلطي الأحمر). عرّضت كل مجموعة بصورة منفصلة إلى 0.5، 1.0 و 2.0 ملجم كادميوم ل$^{-1}$ على النحو التالي:

تم تحضير وترقيم أربعين دورق زجاجي بسعة 250 مل وضع في كل منها يرقة واحدة مع 200 مل من ماء الصنبور الذي يحوي على أحد التراكيز المذكورة من الكادميوم بعد أن تم قياس طول كل يرقة إلى أقرب ملليمتر باستخدام المسطرة والاستعانة بعدسة مكبرة وقَد أعتمد الطول مِن بداية الخطم إلى بداية الزعنفة الذيليّة. تم متابعة التغير في طول كل يرقة بعد انقضاء 1، 2، 3 و 4 أسابيع من خلال قياس الطول بعد نهاية كل أسبوع خلال الفترة المذكورة. وقد أضيفت إلى كل دورق كمية محددة من علف الأسماك المطحون بوزن 0.1 جرام يومياً لضمان توفير كمية متساوية من الغذاء لليرقات المختلفة لكل نوع.

يوضح الملحق (1) النسب المختلفة للمكونات الغذائية للعلف المستخدم في تغذية اليرقات خلال التجارب. وقد تم تبديل المحلول التجريبي يومياً للتأكد من تعريض اليرقات لتركيز ثابت من المعدن طيلة مدة التجربة. بعد نهاية الأسبوع الرابع احتسب متوسط الطول لكل مجموعة من اليرقات التي بقيت حية طيلة فترة التجربة تلك الفترة واستبعدت القيم الخاصة باليرقات التي نفقت خلال أي مرحلة من مراحل التجربة. وكذلك تم احتساب الانحراف المعياري والخطأ المعياري لمتوسط الطول.

استخدمتْ أربعون يرقة بوصفها مجموعة ضابطة (Control) عوملت بنفس الأسلوب باستثناء وضعها في ماء الصنبور الاعتيادي الخالي من المعدن.

عُرضت البيانات الخاصة بمتوسط الطول في التراكيز المختلفة والضابطة بعد قياس العلاقة بين المتغيرات المدروسة من خلال تقدير كل من الارتباط والانحدار باستخدام معادلة الانحدار الخطي والأسي inear and exponential regression equation. كما تم استخدام تحليل التباين Analysis of variance (ANOVA) لمعرفة معنوية تأثير المعاملات المختلفة واختُبرت معنوية الفروق بين المتوسطات باستخدام اختبار دنكن Duncan's Multiple Test Range وقد أجريت جميع التحاليل الإحصائية في البحث الحالي تبعا للطرق الموضحة من قبل (Snedeccor & Cohran,1980).

النتائج والمناقشة

1.3. النمو

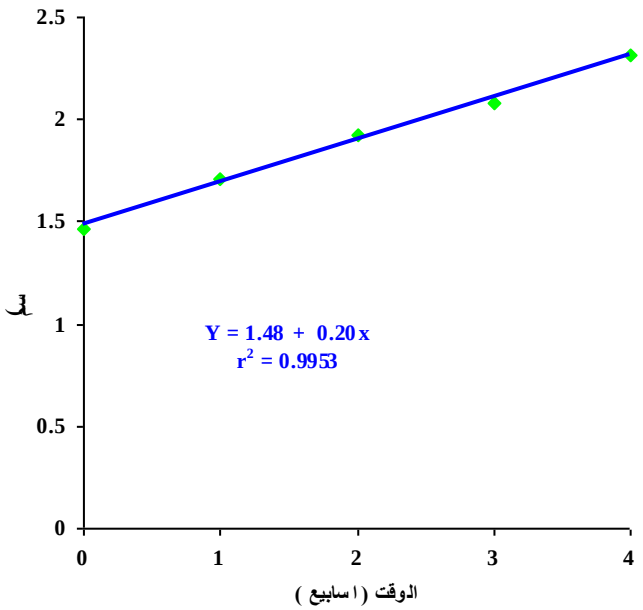
يبين الجدول (2) والشكل (1 أ) معدل النمو في يرقات البَلطي الأبيَض، مُعبِّراً عنه بالزيادة في طول الجسم بالسنتيمتر خلال فترة أربَعة أسَابيع في ماءٍ خالٍ من المعادن.

يلاحظ مَن النتائج أنَّ هناك زيادة طردية في طول اليرقات مع مرور الوقت حيث ازداد متوسط طول اليرقات من 1.46 سم عند بداية القياس إلى 1.71، 1.92 2.08 و2.31 سم بعد فترة 1، 2، 3 و 4 أسَابيع على التوالي. وقَد كانت النسبة المئوية للزيادة في الطول 17 %، 31.5 %، 38.7 % و 58 % بعد 1، 2، 3 و 4 أسَابيع على التَوالي.وأثبت التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية عالية في طول اليرقات خلال فترة الأسابيع الأربعة ($P < 0.01$). كما وجدت علاقة خطية بَينَ معدل النمو (الزيادة في طول اليرقات) و الفترة الزمنية وكانت معادلة خط الانحدار كما يَأتي:

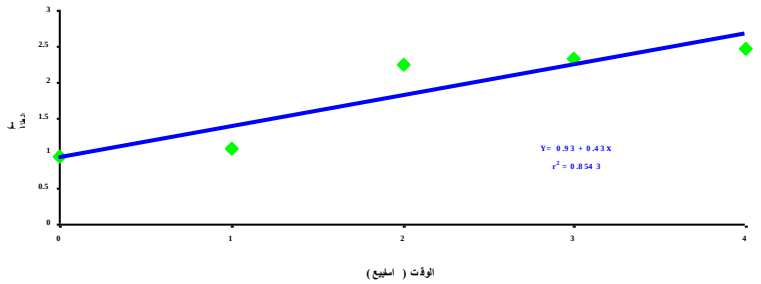
$$\mathbf{Y = 1.48 + 0.20x}$$

ومن الجدول (2) والشكل (1 ب) يتضح أنَّ يرقات البَلطي الأحمر قد أظهرت كذلك زيادة في معدل النمو في ماءٍ خالٍ مِن المعادن بنمط مشابه لما تم ملاحظته بالنسبة للبلطي الأبيَض حيث ازداد طول اليرقات مِن 0.94 سم إلى 1.06، 2.23، 2.32 و 2.48 سم بعد فترة 1، 2، 3 و 4 أسَابيع على التَوالي. وكانت النسبة المئوية للزيادة في الطول مقارنةً مع بداية التجربة هي: 12.7 %، 30.8 %، 40.4 % و 57.4 % بعد 1، 2، 3 و 4 أسَابيع على التَوالي.

(أ)



(ب)



شكل (1) : متوسط النمو في برقانات سمكة البلطي بعد اربعة اسابيع في ماء منزوع الكلور.

(أ) البلطي الابيض *T.nilotica*

(ب) البلطي الاحمر *T.mossambica*

وجدت فروقات معنوية في نسبة الزيادة في الطول مع الفترة الزمنية ($p<0.01$). كما أظهر التحليل الإحصائي أيضاً وجود علاقة خطية بَينَ معدل النمو والفترة الزمنية وكانت معادلة خط الانحدار كما يَأتي :

$$Y = 0.93 + 0.43x$$

2.3 تأثير الكادميوم على معدل النمو

لقد كَانَ للكادميوم بتراكيز 0.5، 1.0 و 2.0 ملجم ل$^{-1}$ تأثير ملحوظ في تثبيط نمو يرقات البَلطي الأبيَض مقارنة باليرقات الضابطة (جدول 2 والأشكال 2 أ، 3 أ، 4 أ)

يتبين مِن النتائج حدوث زيادة في طول اليرقات خلال فترة التجربة في جميع تراكيز الكادميوم المستخدمة فبعد انقضاء 1، 2، 3 و 4 أسَابيع مِن التعرض للكادميوم بتركيز 0.5 ملجم ل$^{-1}$ ازداد طول اليرقات مِن 1.06 سم إلى 1.16، 1.34، 1.49 و 1.66 سم على التَوالي (بزيادة كلية 0.60 سم) وازداد الطول عند التعرض لتركيز 0.1 ملجم ل$^{-1}$. مِن 1.03 سم إلى 1.08، 1.22، 1.31و1.45سم على التَوالي (بزيادة كلية 0.24 سم).

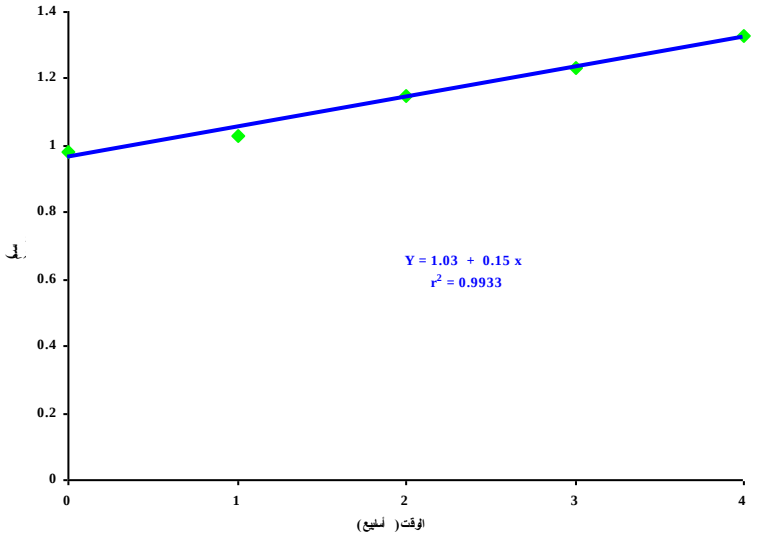
بينما ازداد طول اليرقات مِن 1.12 سم إلى 1.15، 1.16، 1.22 و 1.32 سم على التَوالي (بزيادة كلية 0.20 سم) عند تركيز 2.0 ملجم ل$^{-1}$ مقارنة بالزيادة التي حصلت في اليرقات الضابطة مِن 1.46 سم إلى 1.71، 1.92، 2.08 و 2.31 سم على التَوالي (بزيادة كلية 0.85 سم).

وأثبت التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية عالية في طول اليرقات خلال الأسابيع الأربعة مِن فترة التجربة ($p < 0.01$) عند جميع تراكيز الكادميوم المستخدمة. كما وجدت علاقة خطية بَينَ كمية الزيادة في الطول التي حدثت عند انقضاء الأسبوع الأول والثاني والثالث والرابع في أَي مِن تراكيز الكادميوم المستخدمة وكانت معادلات خط الانحدار كما يَأتي:

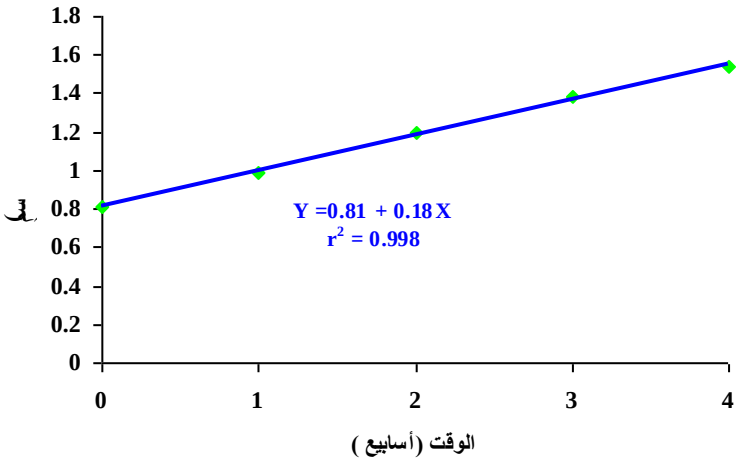
التركيز (ملجم ل$^{-1}$)	معادلة خط الانحدار
0.5	Y = 1.03 + 0.15x
1.0	Y = 1.03 + 0.07x
2.0	Y = 1.08+ 0.05x

عند مقارنة مقدار الزيادة في طول يرقات البَلطي الأبيَض في المجاميع المختلفة يتضح أنَّ التعرض للكادميوم قد تسبب في تثبيط معدل النمو مقارنة باليرقات الضابطة وأنَّ مقدار التثبيط ازداد بزيادة تركيز الكادميوم. فعلى سبيل المثال ازداد طول اليرقات الضابطة بمقدار 0.85 سم خلال فترة أربَعة أسَابيع بينما انخفضت تلك الزيادة ولنفس الفترة الزمنية إلى 0.60 سم، 0.24 سم و 0.20 سم عند تراكيز 0.5، 1.0 و 2.0 ملجم ل$^{-1}$ على التَوالي. ومِن خلال التحليل الإحصائي للعلاقة بَينَ هذه القيم وتراكيز الكادميوم المستخدمة تبين:

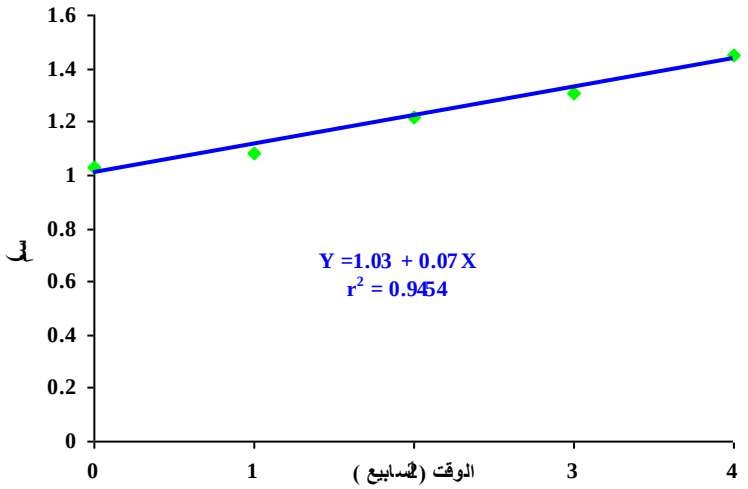
(أ)



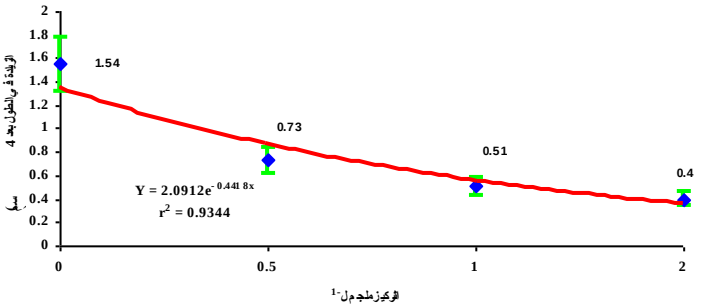
(ب)



شكل (2) متوسط النمو في يرقات سمكة البلطي لمدة اربعة اسابيع بعد التعرض للكادميوم بتركيز 0.5 ملجم ل$^{-1}$
(أ) البلطي الابيض *T.nilotica*
(ب) البلطي الاحمر *T.mossambica*



(ب)

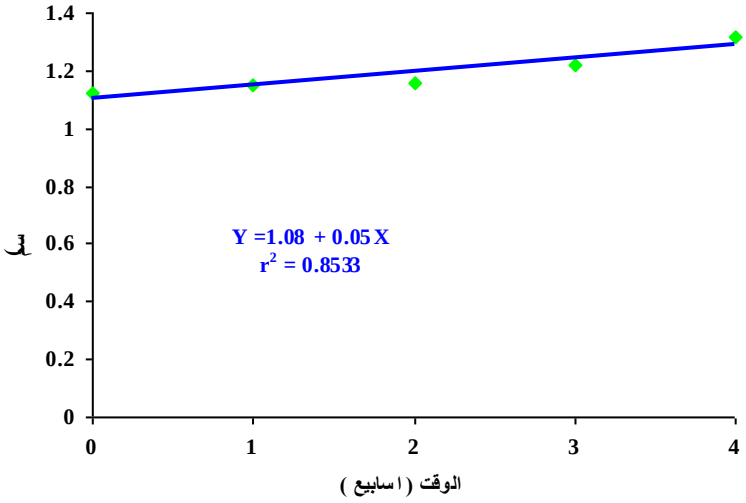


شكل(1) الزيادة في الطول لبرقات سمكة البلطي بعد تعريضها لتراكيز مختلفة من الكادميوم لمدة 4 أسابيع.

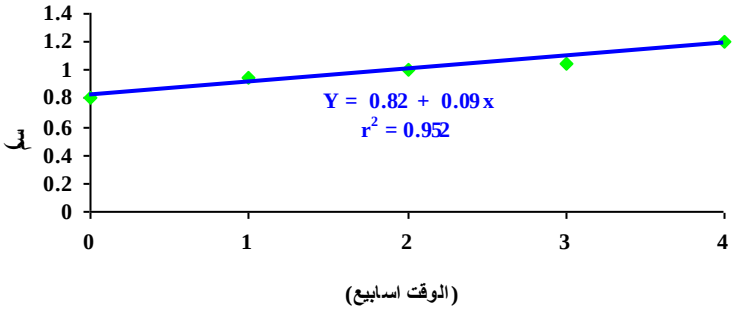
(أ) البلطي الابيض *T. niloticа*

(ب) البلطي الاحمر *T. mossambica*

(أ)



(ب)



شكل (4) الدنمو في يرقات سمكة البلطي لمدة أربعة أسابيع بعد التعرض للكادميوم بتركيز 2.0 ملجم ل-1

البلطي الابيض *T.nilotica*
البلطي الاحمر (ب) *T.mossambica*

وجود علاقة أسية (شكل 5 أ) في التأثير التثبيطي للكادميوم على معدل النمو ($r^2 = 0.9581$) وكانت معادلة المنحنى الأُسي كما يَأتي:

$$Y = 1.505\ e^{-0.4801x}$$

لقد كَانَ للكادميوم بتراكيز 0.5، 1.0 و 2.0 ملجم ل$^{-1}$ تأثير واضح على عملية نمو يرقات البَلطي الأحمَر مقارنة بنمو اليرقات الضابطة (جدول 2 والأشكال 2 ب، 3 ب، 4 ب).

يلاحظ مِن النتائج حدوث زيادة في طول اليرقات خلال فترة التجربة في كُل التراكيز المستخدمة. حيث ازداد الطول بعد انقضاء 1، 2، 3 و 4 أسَابيع على تعرض اليرقات للكادميوم بتركيز 0.5 ملجم ل$^{-1}$ من 0.81 سم إلى 0.99، 1.20، 1.38 و 1.54 سم على التوالي (بزيادة كلية 0.73 سم)، بينما ازداد الطول عند التعرض لتركيز 1.0 ملجم ل$^{-1}$ مِن 0.8 سم إلى 0.94، 1.01، 1.20 و 1.31 سم على التَوالي (بزيادة كلية 0.51 سم). في حين ازداد الطول مِن 0.8 سم إلى0.95، 1.01، 1.05 و 1.20 سم على التَوالي (بزيادة كلية 0.40 سم). عند تركيز 0.2 ملجم ل$^{-1}$ مقارنة بالزيادة التي حصلت في اليرقات الضابطة مِن 0.94 سم إلى 1.06، 2.23، 2.32 و 2.48 سم على التَوالي (بزيادة كلية 1.54 سم).

واتضح مِن خلال التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية في معدل النمو خلال فترة التجربة عند جميع تراكيز الكادميوم المستخدمة ($p < 0.01$). كما وجدت علاقة خطية بَينَ كمية الزيادة في الطول الذي حدث عند انقضاء الأسبوع الأول والثاني والثالث والرابع في أَي مِن تراكيز الكادميوم المستخدمة وكانت معادلات خط الانحدار كما يَأتي:

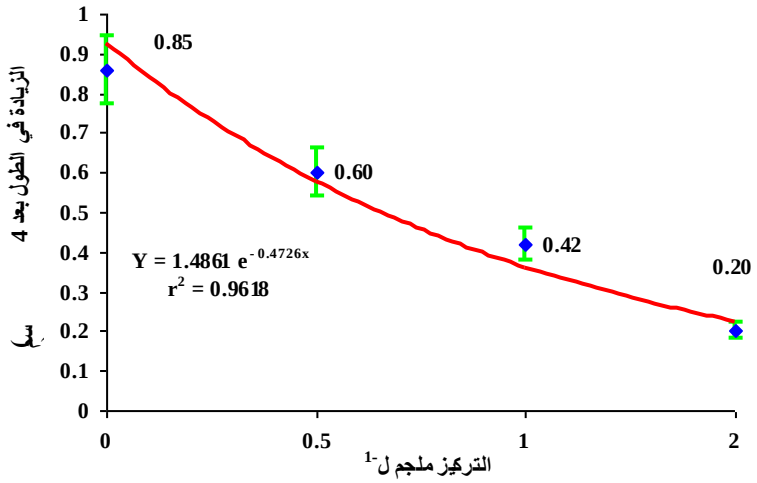
التركيز (ملجم ل$^{-1}$)	معادلة خط الانحدار
0.5	**Y = 0.81 + 0.18x**
1.0	**Y = 0.78 + 0.12x**
2.0	**Y = 0.82 + 0.09x**

عند مقارنة مقدار الزيادة في طول يرقات البَلطي الأحمَر في المجاميع المختلفة، يتبين أنَّ التعرض للكادميوم قد تسبب في تثبيط معدل النمو مقارنة باليرقات الضابطة وازداد مقدار التثبيط بزيادة تركيز المعدن. فعلى سبيل المثال أزداد طول اليرقات الضابطة بمقدار 1.54 سم خلال فترة أربَعة أسَابيع بينما انخفضت تلك الزيادة ولنفس الفترة الزمنية إلى 0.73، 0.51 و 0.40 سم عند التعرض لتراكيز 0.5، 1.0 و 2.0 ملجم ل$^{-1}$ على التَوالي.

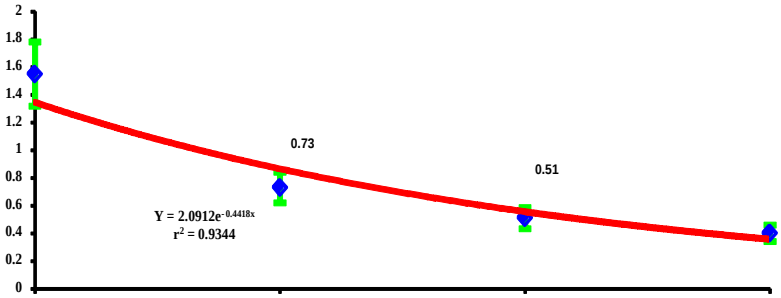
ومِن خلال التحليل الإحصائي للعلاقة بَينَ هذه القيم وتراكيز الكادميوم المستخدمة تبين وجود علاقة أسية (شكل 5 ب) في التأثير التثبيطي للكادميوم على معدل النمو ($r^2 = 0.9312$) وكانت معادلة المنحنى الأسي كما يَأتي:

$$Y = 2.0809\, e^{-0.4391x}$$

(أ)



(ب)



T. nilotica
T. mossambica)

وعند ملاحظة تأثير الكادميوم على نمو يرقات البَلطي الأبيَض ومقارنتها بتأثيره على نمو يرقات البَلطي الأحمَر يتضح أنَّ الكادميوم أظهر تأثيرا تثبيطياً على نمو يرقات البَلطي الأحمَر بدرجة أعلى مِن يرقات البَلطي الأبيَض حيث انخفض الطول بمقدار 0.25، 0.61 و 0.65 سم في يرقات البَلطي الأبيَض بعد التعرض لمدة أربَعة أسَابيع للكادميوم بتراكيز 0.5، 1.0 و 2.0 ملجم ل$^{-1}$ على التَوالي مقارنة باليرقات الضابطة.

بينما كَانَ هذا الانخفاض في طول يرقات البَلطي الأحمَر أعلى بشكل واضح عند أَي مِن تراكيز الكادميوم المستخدمة حيث كَانَ 0.81، 1.03 و 1.14 سم على التَوالي مقارنة بنمو اليرقات الضابطة لنفس الفترة الزمنية وهذا يدل على أنَّ يرقات البَلطي الأحمَر كانت أكثر حساسية للكادميوم مِن يرقات البَلطي الأبيَض فيما يتعلق بنشاط النمو بشكل مماثل لما تم التوصل إليه في الدراسة الحالية حيث لوحظ أنَّ أفراد البَلطي الأحمَر أقل مقاومة للكادميوم مِن أفراد البَلطي الأبيَض.

بشكل عام يمكن القول أنَّ نمو يرقات البَلطي الأبيَض والبلطي الأحمَر قد انخفض عند التعرض للكادميوم وأنَّ هذا الانخفاض كَانَ أكثر وضوحاً مع زيادة تركيز الكادميوم.

كما لوحظ أنَّ النمو في يرقات البَلطي الأحمَر قد انخفض بدرجة أعلى مِن نمو يرقات البَلطي الأبيَض عند التعرض لأي مِن هذه التراكيز. بالرغم مِن أنَّ الدراسات الخاصة بالتأثيرات المزمنة (تحت المميتة) للمعادن الثقيلة على الفعاليات الحيوية المختلفة في الأسماك لم تحظ بنفس الاهتمام التي حظيت به الدراسات الخاصة بالتأثيرات السمية الحادة (المميتة) للمعادن على الأنواع المختلفة مِن الأسماك، إلا أنَّ عددا مِن الدراسات المتعلقة بتأثير التراكيز تحت المميتة للمعادن الثقيلة على نمو الأسماك أشارت إلى انخفاض في معدل النمو عند تعرض الأسماك للمعادن الثقيلة بتراكيز واطئة بشكل مماثل لما تم التوصل إليه مِن نتائج تتعلق بتأثير النحاس والكروم والكادميوم على معدل النمو في يرقات البَلطي الأبيَض والبلطي الأحمَر في الدراسة الحالية.

فلقد ذكر Ellis,1944 أنَّ الأسماك التي تعيش في بيئات ملوثة بالمعادن الثقيلة تكون هزيلة وتنخفض قدرتها الطبيعية على النمو. ولاحظ Carbonell et al.,1993 اختزال في معدل نمو أنواع عديدة مِن الأسماك هي Oncorhynchus mykiss Salveinus ،Salmo sala ،Sparus auratus, Oncorhynchus kisutch foutinalis عند تعريضها للمعادن الثقيلة.

وفي سمكة الكوبي مِن نوع Poecilia reticulate لوحظ أنَّ معدل نمو الإناث والذكور المعرّضة للكادميوم المذاب في الماء قد انخفض بشكل ملحوظ بعد مرور سبعين يوما. أما عند تعريض هذه الأسماك للكادميوم عَن طريق تغذيتها بيرقات ذباب من نوع Chironomus yoshimastsui المحملة بالكادميوم لفترة وصلت 225 يوم لم يكن له تأثير ملحوظ على نمو الذكور في حين انخفض وزن الإناث بنسبة 68% مقارنة بالأسماك الضابطة(Hatakeyama & Yasuno, 1987).

كما وجد Hwang&Yang, 1997 أنَّ التعريض المسبق ليرقات سمكة البَلطي مِن نوع O.mossambica لمدة أربَعة أيام للكادميوم بتركيز 50 و 100 ميكروجرام ل$^{-1}$ أدى إلى انخفاض في معدل نموها بعد إعادتها إلى ماءٍ خالٍ مِن المعدن مقارنة بمعدل نمو الأسماك الضابطة.

ومِن ناحية أخرى لم يكن لمزيج مِن الكادميوم (0.1 ملجم ل$^{-1}$) والزئبق (0.01 ملجم ل$^{-1}$) والزنك (1.0 ملجم ل$^{-1}$) أي تأثير على معدل نمو يرقات سلالتين من أسماك البَلطي مِن نوع (Lourdes et al., 1933) O.nilotica .

تتميز الأسماك العظمية في المياه العذبة بقدرات نشطة لتجميع أيونات الكالسيوم مِن الغذاء والمحيط المائي وتعتبر الخياشيم والأمعاء والكلى المواقع الأكثر أهمية لتبادل أيونات الكالسيوم بَينَ البيئة الداخلية للأسماك والمحيط الخارجي. إلا أنَّه مِن ناحية أخرى يعتقد أنَّ الخياشيم تمثل الطريق الأساسي للامتصاص المباشر لأيونات الكالسيوم مِن الماء (Perry & wood 1985, Flik et al., 1985). لقد لوحظ في بعض الدراسات أنَّ تلوث المياه بالمعادن الثقيلة يتسبب في انخفاض قدرة الأسماك على امتصاص أيونات الكالسيوم.

فَقَد لاحظ Rosenthal & Alderdice,1976 أنَّ وجود الكادميوم في الماء يتسبب في تثبيط دخول أيونات الكالسيوم إلى الأنسجة الهيكلية لجنين ويرقات الأسماك البحرية. كما ذكر Meteyer et al.1988, أنَّ الكالسيوم يلعب دورا فريدا

للتحكم في معدل النمو الجنيني لسمكة المينو مِن نوع Cyprinodon variegates إضافة إلى أهميته في بناء ونمو هيكل الجسم لاحقا.

لذا قد يسبب هذا التداخل بَينَ المعادن الثقيلة وامتصاص الكالسيوم تثبيطا في نمو أنواع متباين مِن الأسماك. وعليه فإن الانخفاض في معدل نمو يرقات البلطي الأبيض و البلطي الأحمر نتيجة للتعرض للكادميوم والذي لوحظ في الدراسة الحالية قد يعود إلى هذا التداخل بين المعادن الثقيلة وامتصاص أيونات الكالسيوم من الماء عبر الخياشيم.

الاستنتاجات والتوصيات

توصلت نتائج الدراسة الحاليّة إلى الاستنتاجات والتوصيّات التالية:

- ❖ تبين وجود تأثر واضح لتراكيز تحت مميتة مِن الكادميوم على نمو يرقات كُل مِن البلطيّ الأبيَض والبلطيّ الأحمَر. حيث تسبب التعرض للكادميوم في تثبيط معدل النمو وازداد مقدار التثبيط بزيادة تركيز المعدن. كما لوحظ أنَّ التأثير التثبيطيّ لأي مِن التراكيز المستخدمة كَانَ أكبر في يرقات البَلطيّ الأحمَر مقارنة بنمو يرقات البَلطيّ الأبيَض.

وللحصول على مزيد مِن المعلومات حول الآثار الضارة للتراكيز تحت المميتة على تكاثر هذين النوعين مِن الأسماك نوصي بالقيام بإجراء دراسات أخرى يتم التركيز فيها على:

- ❖ إجراء دراسة فسلجيّة على المحتوى البروتيني والأحماض النوويّة (R N A ، D N A) وتركيز أيونات الكالسيوم للوصول إلى فهم أوسع لأسباب انخفاض النمو في المياه الملوثة بالمعادن الثقيلة.
- ❖ ضرورة التأكد مِن عدم وجود تلوّث بالمعادن الثقيلة ولو بتراكيز منخفضة في مزارع الأسمَاك التابعة للمؤسّسات الرسميّة أَو المزارع الخاصة التي تُعنى بتربية الأسمَاك مِن أجل الحفاظ على إنتاجيّة عالية للأسماك وتجاوز أي أضرار محتملة للبشر جرّاء التراكم الحيويّ لهذه السموم في لحوم الأسمَاك.

الملخص

1- شمل البحث الحالي دراسة التأثير السميّ التحت المميت لتراكيز مختلفة مِن الكادميوم على معدل نمو يرقات أفراد نوعين مِن أسماك المياه العذبة

وهمـا البَلطـيّ الأبـيَض (T. nilotica) والبلطـي الأحمَـر (T. mossambica).

2- أوضحت نتائج هذه الدراسة أنَّ تعريض يرقات البَلطيّ الأبيَض والأحمر لتراكيز منخفضة (تحت مميتة) من الكادميوم تسبب في انخفاض معدّل النمو وكان الانخفاض في النمو أكثر وضوحاً مع زيادة تركيز المعدن. حيث أظهر الكادميوم تأثيراً منخفضاً فعلى سبيل المثال انخفض طول يرقات البَلطيّ الأبيَض بمقدار 0.25 0.61 و 0.65 سم بينما كَانَ الانخفاض في طول يرقات البَلطيّ الأحمَر بمقدار 0.81، 1.03 و 1.14 سم عند التعرض لتراكيز 0.5، 1.0 و 2.0 ملجم ل$^{-1}$ على التَوالي مقارنة باليرقات الضابطة في كلا النوعين.

المراجع

المراجع العربية

- اوحيدة، عبد السلام محمد (1997) التأثير السمي لبعض المعادن الثقيلة على سمكة البَلطي Tilapia zillii. رسالة ماجستير. كلية العلوم مصراتة. جامعة ناصر.
- السعدي، حسين علي والدهام، نجم القمر والحصان، ليث عبد الجليل (1986) علم البيئة المائية.جامعة البصرة _مطبعة جامعة البصرة، العراق.

المراجع الأجنبية

Abaychi, J. K., and H. T. Al-Saad (1988): Trace elements in fish from the Arabian Gulf and the Shatt al-Arab River, Iraq. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 40: 226 - 232.

Abeeg, R. (1950): Some effects of inorganic salts on the blood specific gravity and tissue fluids of the bluegill Lepomis macrochirus (Raf). Physiological Zool., 23: 124.

Allen, S. E., H. M. Grimshaw, J. A. Parkinson and C. Guarmby (1973): Chemical analysis of ecological materials, Blackwell Scinentific Puplication, Oxford England. PP 348.

Anderson, P. D. and P. A. Spear)1980(: Copper pharmacokinetics in fish gills. II: Body size releationships for accumulation and tolerance. Wat. Res., 14: 1107 - 1113.

Anderson, R. L., Walbridge, C. T., Fiandt, J. T.)1980(: Survival and growth of Tanytarsus dissimilis)Chironomidae) exposed to Copper, Cadmium, Zinc, and lead. Arch. Envivonm. Contam. Toxicology. 9: 329 - 335.

Ball, I. R. (1967): The relative susceptibilities of some species of freshwater fish to poisnos II. Zinc, Wat. Res., 1: 777 - 783.

Bagshaw, J. C., P. Rafiee, C.O. Matthews and T.H. MacRae (1986): Cadmium and Zinc reversibly arrest development of Artemia larvae. Bull. Envinon. Contam. Toxicology. 37: 289 - 296.

Benoit, D. A. (1976): Toxic effect of hexavalent chromium on brook trout Salvelinus fontinals and rainbow trout Salmo gairdneri, Wat. Res., 10: 479 - 500.

Bertram, P. E., And Hart, B. A (1979): Longevity and reproduction of Daphnia pulex (de GEER) exposed to cadmium contaminated food or water. Environ. Pollut 295 -305.

Cairns, J. Jr., A. G. Health and B. C. Parker)1975(: The effects of temperature and hardness of water upon the toxicity of chemicals to aquatic organisms. Hydrobiologia, 47: 125 - 171.

Carbonell., G, Ortiz, J. A. Y Tarazona. J. V.)1993:(Incidencia de metales pesados en agues destinadas Acultivo de peces oen cursos naturals. Actas IV congreso Nac. Acuicult.: 687 - 689.

Chung, K. S. (1983): lethal effects of cadmium in tropical fishes. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries.49 10: 1565 - 1568.

Dave, G., K. Anderson, R. Berghand, and B. Hasselot (1981): Toxicity of eight solvent extraction chemicals and of cadmium to water fleas, Daphnia magna, rainbow trout, Salmo gairdneri, and zebra fish Brachydanio rerio. J. Comp Biochem. Physiol. 69 (c): 83 - 98.

Dawoud, N. D. (1988): Toxic effect of some heavy metals and their bioaccumulation in different organs and tissues of the fresh water fish Garra rufa (Heckel), M. Sc. Thesis, Univ. of Mosul, Iraq.

De Nicola Giudici,M., L. Migliore, C.Gambardela and A.Marotta (1988): Effect of chronic exposure to cadminm and copper on Asellus aquaticus L (Crastacea, Isopoda Hydrobiologia), 157: 265 - 269.

Ehmayed, H. M. (1979): Effect of some heavy metals on the physiology of Varichorinus trutta (Heckel), M. Sc. Thesis, Univ. of Mosul, Iraq.

El. Demerdash,F.M. and E.L. and Elagamy, (1999): Biological effects in Tilapia nilotica fish as indicators of pollution by cadmium and mercury. Int. Jour. Environ. Health Res. 9: 173 - 186.

Ellis, M. M. (1944): Industrial wastes and fish life. Proc. 1st. Ind. Waste Utill Conf., Purdue University, 126 - 134.

Flik,.G., Fenwick, J.C.,Kolar, Z., Mayer-Gostan,N. and Wendelaar Bonga,S.E.(1985): Wholebody calcium flux in cichlid teleost fish Oreochromis mossambicus adapted to freshwater. Am. J. Physiol. 249: 432 – 437

Hatakeyama, S., and Yasuno, M. (1982): Accumulation and effects of cadmium on guppy (poecilia reticulata) fed cadmium dosed Cladocera (Moina macrocopa).Bull. Environ. Contam. Toxicol. 29: 159 - 166.

Hatakeyama, S., and Yasuno, M. (1987): Chronic effects of Cd on the reproduction of the Guppy (Poecillia reticulate) through Cd - accumulated midge larvae (Chironomus yoshimatsui). Ecotoxicology and Environmental Safety 14: 191 - 207.

Hatakeyama, S. E., (1988): Chronic effects of Cu on reproduction of Polypedilum nubifer (chironomidae) through water and food. Ecotoxicology and Environmental Safety. 16: 1-10.

Huet, M.(1986): Textbook of fish culture. Breeding and Cultivation of fish. Fishing news Books Ltd., England, 439 PP.

Hwang.,P.P., W.S., Lin., and C. H. Lin. (1995): Different sensitivities to cadmium in tilapia larvae (Oreochromis mossambicus ; Teleostei). Arch. Environ. Contam. Toxicol. 29: 1-7.

Hwang., P. P. and C.H. Yang., (1997): Modulation of calcium uptake in cadmium-pretreated tilapia (Oreochromis mossambicau) Larvae. Fish physiology and Biochemistry 16: 403 - 410

Jones, J. R. E. (1938): The relative toxicity of salts of lead, zinc and copper to the stickleback, Gastrosteus aculeatus, and the effect of calcium on the toxicity of lead and zinc salts,. J. Exp. Biol., 4: 394 - 407.

Jones, J. R. E. (1947): The Oxygen consumption of Gastrosteus aculeatus (L.) in toxic solution. J. Exp. Biol., 23: 298 - 311.

Kaviraj,A. and S.K. Konar, (1982): Acute toxicity of mercury , chromium and cadmium to fish , plankton and worm. GEOBIOS, 9: 97 - 100

Kellerman, K. F. (1912): Cited from, Brown V. M., T. L. Shaw, and D. G. Shurben (1974): Aspects of water quality and the toxicity of copper to rainbow trout. Wat. Res. 8: 797 - 803.

Khalil. A. B. A. (1988): Effect of some heavy metals on survival, Respiration and Bioaccummulation in the freshwater fish Cyprinion macrostomus,. M. Sc Thesis, Univ. of Mosul, Iraq.

Koli, A. K., W. Williams, R. Mc Clary, E. B. Wright, and T. M. Burrel (1977): Mercury levels in freshwater fish of the state of South Carolina. Bull. Envi. Contam. Toxicol., 17: 82 - 89.

Latif, M. A., A. N. Khalaf and B. Y. Khalid (1982): Bioccumulation of copper, cadmium, lead and zinc in two Cyprinid Fishes of Iraq. J. Biol. Sci., 13: 45 - 64.

Lourdes, A., C. Aralar, and E. V. Aralar (1993): Effects of long-term exposure to a mixture of cadmium, zinc,and Inorganic mercury on two strains of Tilapia Oreochromis niloticus (L).. Bull. Environ. Contam. Toxical. Sa: 891 - 897.

Markert, B (1995): Sample preparation (cleaning, drying, homogenization) for trace element analysis in plant matrices. The Science of The Total Environment, 176: 45 - 61.

Markert, B., and Oehlmann, J. (1998): Ecotoxicology.ln Ambasht, R.S.(1998) Modern trends in ecology and environment , Backhuys Publisher , the Netherlands, 37 - 53.

Mckim, J. M., D. A. Benoit, K. E. Biesinger, W. A. Brungs, and R, E, Siefert (1975): Effect of pollution on freshwater. Nat. Control fed. 47: 1711-1820.

Meteyer, M. J., Wright, D. A and and Martin, F. D. (1988): Effect of cadmium on early developmental stages of the

sheepshead minnow Cyprinodont variegates. Enviromental Toxicology and Chemistry, 7: 321 - 328.

O'Hara, J. (1971): Alternation in oxygen consumption by blue gills exposed to sublethal treatment with copper, Wat. Res., 5: 321 - 327.

Palawski, D., B. H. Joseph, and F. J. Aduyer (1985): Sensitivty of young stripped bass to organic and inorganic contaminations in fresh and saline waters,. Trans. Amer. Fish. Sco., 114: 748 - 753.

Pant,S.C. (1980): Toxicity of copper sulphate and zinc sulphate to fresh water teleost Punctius conchanius (Ham) in hardwater, Comp. physiol. Ecol., 5: 146.

Pascoe, D., and D. L. Mattey (1977): Studies on the toxicity of cadmium to the three spined Stickleback Gastersteus aculeatus. J. Fish Biol., II: 207 - 215.

Perry,S.F. and Wood,C.M. (1985): Kinetics of branchial calcium uptake in the rainbow trout: effects of acclimation to various external calcium levels. J.EXP.BIOL. 116: 411 - 433

Phillips, A. M., Jr. (1940): The reduction of the toxicity of copper sulphate to four species of trout by the use of sodium chloride and acetic acid, Cornell Univ. Abstracts of Theses, PP. 297 - 299.

Pickering, Q. H., and G. Henderson (1966): The acute toxicity of some heavy metals to different species of warm water fishes. Air. Wat. Pollut. Int. J., 10: 453 - 463.

Reeve, M. R., Grice, G. D., Gibson, V. R., Walter, M. A., Darcy, K. and Lkeda, T. (1976): A controlled environmental pollution experiment (CEPEX) and usefulness in the study of large marine zooplankton under toxic stress.In Effects of

pollutants on aquatic organisms ,ed. by A. P. M. Lockwood,.London, Cambridge University Press. PP 145 - 162

Rosenthal, H. and D.F. Alderdice. (1976): Sublethal effects of environmental stressors , natural and pollutional, on marine fish eggs and larvae. J.Fish.Res Bd. Can. 33: 2047 - 2065.

Snedeccor, G. W. and W. Cochran (1980): Statistical methods. lowa State University Press, 7th ed, Ames, Iowa, U.S.A. PP. 707.

Solbe, J. F. de. L. G. and. V. A. copper (1976): Studies on the toxicity of copper sulphate to stone loach (Neomacheus barbartulus), Wat. Res. 10: 523-527.

Spehar, R. L., A. E. Lemke, Q. H. Pickering, T. H. Roush, R. C. Russo and J. D. Yount (1981): Effects of Pollution on freshwater fish J. Wat. Pollut. Cont. Fed., 53: 1028 - 1075.