المجلد 2 العدد 1 2023
الباحث
https://resarchsaden.com
مجلة الباحث Researcher Journal
الجمعية الوطنية للبحث العلمي

تقدير بعض المعادن الثقيلة في نبات نخيل البهش المروي بمياه الصرف الصحي في محمية الحسوة عدن

عزيز عثمان محمد* ندى السيد حسن**
*قسم/ الأحياء - كلية التربية ** قسم/ الأحياء- كلية العلوم

الملخص

هدفت الدراسة الى تعيين تراكيز العناصر الثقيلة (Cd ,Co, Cr,Ni, Pb , V) في عينات نخيل البهش المروي بمياه الصرف الصحي في محميه الحسوة حيث أجري تجهيز العينات وهضمها في معهد أمين ناشر وتم تعيين العناصر في شركه مصافي عدن بواسطة جهاز (Inductively coupled plasma) ICP-

أشارت نتائج الدراسة إلى أن عنصر الرصاص في عينة الطاري كان الأكثر تركيزًا (PPM1.05) والأقل تركيزًا هو عنصر النيكل (PPM0.24) وعليه فإن تراكيز العناصر تقل من اليسار إلى اليمين حسب الترتيب الآتي: Cd>Cr>Co>V> Ni >Pb

وتشير نتائج الدراسة إلى أن النيكل الأكثر تركيزًا في الوسط النامي(ppm 1.98) والأقل تركيز الفناديوم(ppm 0.61) وعليه فان متوسط تركيز العناصر تقل من اليسار إلى اليمين حسب الترتيب الآتي: Ni>Cd >Pb >Co>Cr>V, وفي عينة القمة النامية وجد أن عنصر النيكل الأكثر تركيز(ppm 2.38) والأقل تركيزًا عنصر الفناديوم (ppm 0.61) حيث أن متوسط تركيز العناصر يقل من اليسار الى اليمين حسب الترتيب الآتي:Ni> Pb>Cd>Co>Cr>V.

وأشارت النتائج في عينة الخل أن الكادميوم كان أكثر تركيزًا(ppm 0.99) والأقل تركيز عنصر النيكل (ppm 0.13) وعليه فان متوسط تركيز المعادن يقل من اليسار إلى اليمين بحسب الآتي:Cd>Pb>Co>Cr>V>Ni, ووجد في عينة الثمرة الجافة أن عنصر النيكل كان الأكثر تركيزًا (ppm 1.02) والأقل تركيز عنصر الفناديوم(ppm 0.61) وعليه تقل تراكيز العناصر من اليسار الى اليمين حسب الترتيب الآتي:Ni>Pb>Cd> Cr>Co>V.

واشارت النتائج في عينة الثمرة الرطبة إلى أن عنصر الرصاص الأكثر تركيز(ppm1.02) والاقل تركيز عنصر النيكل (ppm0.37) وعليه فان تراكيز العناصر تقل من اليسار إلى اليمين بحسب الآتي: Pb>Cd>Cr>Co>V>Ni

الكلمات المفتاحية: العناصر الثقيلة، نخيل البهش، مياه الصرف الصحي، محميه الحسوة.

Abstract

The study aimed to determine the concentrations of heavy metals (Cd, Co, Cr, Ni, Pb, V) in Al-Bahish palms irrigated with sewage water in Al-Hiswah Reserve. The samples were prepared and digested in Amin Nasher Institute for Health Sciences. The heavy metals were determined in Aden Refinery Company by using the ICP system. It was found that the lead element in Al-Tari sample was the highest concentration (1.05 PPM) and Nickel was the lowest concentration (0.24 ppM). Accordingly, the concentrations of the elements decrease from left to right in the following order: Cd>Cr>Co>V> Ni >Pb.

The results of the study indicated that Nickel was the highest concentration(1.98 ppm) in the apical meristem whereas Vanadium was the lowest concentration (0.61 ppm). Accordingly, the average concentration of the elements decreases from left to right according to the following order: Ni>Cd >Pb >Co>Cr>V.

In the sample of the developing medium peak, it was found that Nickel was the highest concentration (2.38 ppm) whereas Vanadium was the lowest concentration (0.61 ppm), where the

average concentration of the elements decreases from left to right according to the following order: Ni>Pb>Cd>Co>Cr>V.

In the vinegar sample, it was found that Cadmium was the highest concentration (0.99 ppm) whereas Nickel was the lowest concentration (0.13 ppm). Thus, the average metal concentration decreases from left to right as follows: Cd>Pb>Co>Cr>V>Ni. it was found in the dry fruit sample that the Nickel element was the highest (1.02 ppm) whereas Vanadium was the lowest concentration (0.60 ppm). Thus, the concentrations of the elements decrease from left to right in the following order: Ni>Pb >Cd>Cr>Co>V. In the wet fruit sample, the results indicated that Lead was the highest concentration (1.02 ppm) whereas Nickel was the lowest concentration (0.37 ppm). The concentrations of the elements were found to decrease from left to right as follows: Pb>Cd>Cr>Co>V>Ni.

***Keywords**: Heavy metals, Al-Bahish palm, sewage water, Al-Haswa Reserve.*

المقدمة:

الماء عنصر أساسي لجميع أشكال الحياة، على الرغم من تدهور جودة المياه العذبة بسبب تصريف النفايات الصناعية والزراعية والمنزلية (Chen,..et al 2018). ويمثل انتاج مياه الصرف الصناعي حوالي 16٪ من توليد المياه العادمة العالمية (Younas,..et al 2020).

ان استخدام المياه العادمة في ري المحاصيل الزراعية هي ممارسة شائعة في العديد من أجزاء العالم، وخاصة المناطق القاحلة وشبه القاحلة (Khalid,R A 1980) ، وتستخدم مياه الصرف الصحي بشكل رئيسي في الري، حيث يستخدم لري 20 مليون هكتار في حوالي خمسين دولة (APHA 1995). واشار Jaramillo & Rest (2017) بأن تقدير إجمالي المساحة المروية المعدة للاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي الخام أو المعالجة تعادل 8.4 مليون هكتار في 42 دولة.

ساهم إعادة تدوير المياه العادمة لإعادة استخدامها في الري تصميم سياسات استثمارية جذابة وآليات تمويل يسهل الوصول إليها وتهدف لتوفير رأس المال لمنع التلوث والمخاطر الصحية الأخرى المرتبطة بالمياه العادمة المستخدمة في الري (Lisak.G. 2011) ، وعلى الرغم من أن مياه الصرف الصحي هي مصدر أساسي لري المحاصيل الزراعية، إلا أن القضايا البيئية والمخاطر الصحية المحتملة مرتبطة بإعادة استخدام هذا النوع من الماء حيث يسبب مخاوف جدية بشأن تراكم بعض الملوثات مثل المعادن الثقيلة الرصاص (Pb) والكادميوم (Cd) والنيكل (Ni) والكروم (Cr) والزنك (Zn) والميكروبات (أبوطيبة، وآخرون 2004) (*Escherichia* coli)،

في الواقع إن تراكم ملوثات مياه الصرف الصحي، بما في ذلك المعادن الثقيلة في البيئة أمر لا مفر منه يؤثر تلوث المعادن السامة سلبًا في جميع المكونات البيئية، وتحديدًا النظم الإيكولوجية المائية (الشبحي، وآخرون 2007م).

ويعدُ التلوث بهذه المعادن من أخطر أنواع التلوث؛ كون هذه العناصر لها القدرة على تكوين مركبات معقدة ثابتة مع كثير من المركبات العضوية وغير العضوية التي توجد بأجسام الكائنات الحية، وذلك يؤدي من ثم إلى تراكمها داخل هذه النظم البيئية الحية وتكتسب هذه العناصر أهميتها نظرا لاستخدامها الواسع في الصناعة والزراعة (Khalid, S. ..et al 2018). إن تحديد تركيز المعادن الثقيلة في الهواء والماء والتربة يعد ضروريًا جدًا على الرغم من أن بعض هذه العناصر تحتاجها الكائنات الحية بنسبة بسيطة. (Alemu, A., & S. M. Gabbiye, 2019).

بدأ استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة عام 1985م وأصبح الآن يغطي 1.33 مليون هكتار. وفي بلدنا برز ذلك كونه أحد الموضوعات المهمة في حل الحاجة المتزايدة لها في الزراعة ونظرًا لاستنفاد المخزون المائي تدريجيًا والحفر العشوائي للإبار وعدم التغذية لأنه لا يوجد حواجز مائية للسيول (السنيدي، محمد 1993م).

تتلوث البيئة بالمعادن الثقيلة ومن طبيعتها تسبب آثارًا مرضية وأصبحت ذات اهتمام كبير عند كثير من العلماء والباحثين (الكاف، حسين 2003م). تعرف المعادن الثقيلة بأنها تلك العناصر الذي تكون كثافتها أعلى من 5 غرام / سم^3 18)، وغالبًا ما يطلق اسم المعادن الثقيلة السامة على عناصر كالكاديوم والرصاص والنحاس والزنك والحديد والنيكل، الزرنيخ الكوبالت المنجنيز، والزئبق. (Freedman, B. 1995) تكتسب هذه العناصر أهميتها نظرًا لاستخدامها الواسع في الصناعة والزراعة؛ لذا فإن تحديد تركيزها في الهواء والماء والتربة يعد ضروريًا جدًا بالرغم من أن بعض هذه العناصر تحتاجه الكائنات الحية بنسب بسيطة ومتفاوتة لكن وجودها بأنسجة الكائن تسبب خطرًا على حياته خصوصًا بالتركيزات العالية (Jaramillo, M. F., & I. Restrepo, 2017). تواجد المعادن الثقيلة في الطبيعة حيث تنطلق من الدورات الجيوكيميائية والبيئة ولكن التراكيز التي تواجد فيها لا تؤثر على الكائنات الحية. إلا أن التراكيز العالية من المعادن الثقيلة والتي تمثل خطورة في الكائنات الحية. هي التي تواجد في البيئة بفعل أنشطة الإنسان المرتبطة بالعمليات الصناعية الضارة (Mahmood, B. et al 2014).

وتعد العناصر الثقيلة من الملوثات البيئية غير القابلة للتغير وتنتج من مصادر عديدة، تسبب تلوث للأرض في تقديرات تصل إلى 40 مليون طن متري سنويا (الكاف، وآخرون 2004م). ومن أكثرها خطورة وانتشارًا عنصر (عنصر الرصاص والكروم والكاديوم والزئبق) تترسب هذه العناصر في الترب الزراعية ويؤثر سلبًا في خصوبة التربة وإنتاجيتها (Albatahi,M..et al 2017).

أشارت الدراسات إلى أن الري بمياه الصرف الصحي البلدية لمدة 50 عامًا قد أدى إلى زيادة في العناصر السامة المحتملة من الزنك (Zn) والنحاس (Cu) والكاديوم (Cd) والكروم (Cr) والرصاص (Pb) والنيكل (Ni). في التربة. يختلف تلوث التربة من العناصر السامة عن تلوث الماء أو الهواء؛ نظرًا لأنها تظل في التربة لفترة أطول من أجزاء أخرى من المحيط الحيوي (Shooshtarian, M…et al 2018).

ترتبط المستويات العالية من العناصر السامة بعديد من الآثار الصحية الضارة في البشر والحيوانات Ltoh, (H. ; et al 2014). على الرغم من أن الزنك والنحاس عنصران أساسيان، فتركيزاتهما العالية في الخضروات والمنتجات الزراعية تمثل خطرًا شديدًا بسبب التسمم الغذائي لدى البشر والحيوانات Christensen, J.M; et al (1993). وترتبط المستويات العالية من التعرض لـ Cr و Cu و Zn ببعض الأعراض مثل نوبات الهلع والصداع وأمراض الكلى ((Dovlatabadi, A. ; et al 2010)). ارتبط التعرض للعناصر السامة بسبب استهلاك الأرز والأطعمة الملوثة الأخرى بزيادة خطر الإصابة بسرطان الثدي بعد سن اليأس (مسعد، ناديه أحمد 2011 م).

تتعدد أنواع البيئات الطبيعية (الموائل) Habitat في محمية الحسوة البيئية والتي تعكس نوع الغطاء النباتي السائد أو المزارع إذ إن النباتات النامية طبيعيًا بنحو 23 نباتًا تتبع تسع عوائل منها العائلة النخلية Palmeae والتي ينتمي لها نبات نخيل البهش – الطاري .*Hyphaene thebaica* ، عائلة Arecaceae) هو شجرة مهمة طويلة العمر ودائمة الخضرة في المناطق شبه القاحلة ويجري التعرف إليها من جذعها ثنائي التفرع. فحسب خريطة الإحراج والمراعي، ويبلغ عدد اشجار نخيل البهش مع مخلفاته بما فيها النباتات الصغيرة حديثة السن أكثر من 10500 نخلة منها 2300 شجرة صغيرة السن وحوالي 1300 حديثة الزراعة وازدادت اعداد أشجار نخيل البهش بإنشاء المشتل في بداية 2007م والذي يعتبر حاليًا مصدرًا مستدامًا لإمداد المستفيدين بالشتلات (الثعلبي، فيصل 2005م).

إن ثمار الدوم غنية بالألياف ومضادات الأكسدة والفيتامينات والمعادن الأساسية مثل الكالسيوم والصوديوم والحديد والبوتاسيوم والمغنيسيوم والفوسفور، ويستفاد من العصارة السكرية المستخرجة من هذا النبات في إنتاج الخل وعلاج النواصير والبواسير، وكذلك التقرحات التي تصيب الفم، وعلاج بعض الأمراض الجلدية وتسكين آلام القدم والأرجل. ويمكن استخدامه في صناعة الأصباغ وتلوين الدهانات ومعاجين الأسنان والجص وصبغ القرون وغيرها (الثعلبي، فيصل 2011م).

إضافة إلى عديد من الاستخدامات الطبية كما يستفاد من أوراقه في تنفيذ العديد من الصناعات الحرفية ذات الطابع الخاص المرتبط بالمورث التقليدي ذات الاهمية الاقتصادية وتستعمل أوراقه في عمل السلال والحبال، وخشبه في النجارة (الثعلبي، فيصل 2005م).

مشكلة البحث:

تعدُ منطقة الدراسة من المناطق المهمة في محافظة عدن والجمهورية اليمنية؛ كونها محمية وتحوي تنوعًا نباتيًا وحيوانيًا كبير، وتعدُ مهمة لتغذية عدد من الكائنات الحية كالثدييات والطيور الداجنة والمهاجرة، وبما إن محمية الحسوة (منطقة الدراسة) تعدُ من المحميات الصناعية التي تكونت نتيجة لريها بالمياه العادمة المعالجة. التي قد تحتوي إضافة إلى المعادن الثقيلة مواد سامة أخرى، يتوقف ذلك على نوعية المياه العادمة ومصادرها التي تروى فيها شجرة نخيل البهش المنزرعة في محمية الحسوة، وتمثل أهمية اقتصادية لكثير من الأسر إذ يستخراج الطاري ويصنع الخل منها ويستهلك الخل من عديد من السكان.

أهداف الدراسة:

1. تقدير تراكيز بعض العناصر الثقيلة (Cd, Co, Cr, Ni, Pb and V) في نبات نخيل البهش المروي بمياه الصرف الصحي منطقة الحسوة محافظة عدن.
2. تحديد مصادر تلوث عينات الدراسة بالعناصر الثقيلة.
3. تقييم مستوى التلوث بالمعادن الثقيلة في نبات نخيل البهش.

فرضيات البحث:

1. توجد علاقة بين زراعة نخيل البهش المروية بمياه بالمجاري ومستوى وجود المعادن الثقيلة فيها
2. توجد علاقة بين ظهور المعادن الثقيلة في نخيل البهش ومصادر التلوث المحيطة بالمحمية.

نبات نخيل البهش (*Hyphaene thebai*)

التصنيف:

النطاق: حقيقة النوى

المملكة: النباتات

الشعبة: حقيقيات الأوراق

الطائفة: أحاديات الفلقة

الرتبة: فوفليات الشكل نخيل البهش

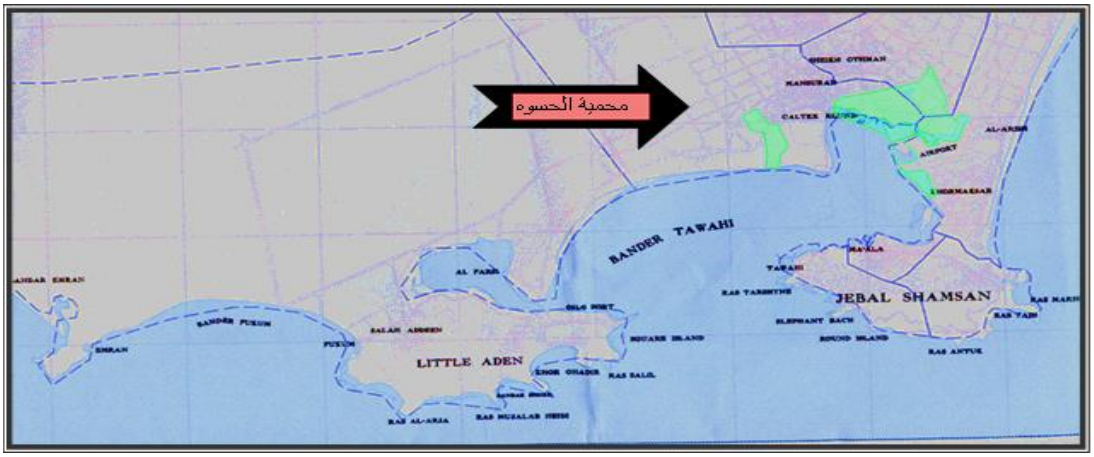
الجنس: دوم طيبة (*Hyphaene thebai*)

صورة (1) توضح نبات نخيل البهش

1. منطقة الدراسة:

تعتبر محمية الحسوه احدى الأراضي الرطبة الواقعة في محافظة عدن وتتبع أداريًا مديرية المنصورة تقع محمية الحسوة البيئية بين خطي طول 44º44 - (2."32 '58 º 57 '37 4."37) وخطي عرض (12 - 3."08 '51 º 12º 49 '34 2."). تبلغ مساحة المحمية نحو 185هكتارًا. تعد منطقة الدراسة من المناطق الهامة في محافظة عدن والجمهورية اليمنية؛ كونها محمية وتحوي تنوعًا نباتيًا وحيوانيًا كبيرًا، وتعدُ مهمة لتغذية عدد من الكائنات الحية كالثدييات والطيور الداجنة والمهاجرة (الثعلبي، فيصل 2011م).

وبما إن محمية الحسوة (منطقة الدراسة) تعتبر من المحميات الصناعية التي تكونت نتيجة لريها بالمياه العادمة المعالجة. التي قد تحتوي إضافة إلى المعادن الثقيلة مواد سامة أخرى، يتوقف ذلك على نوعية المياه العادمة ومصادرها. كذلك تعتمد المحمية في تنفيذ أنشطتها المختلفة على المياه المعالجة للصرف الصحي الناتجة من محطة المنصورة الخاصة بمعالجة مياه الصرف الصحي والتابعة للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي، والتي تمر في وسط أراضي المحمية قبل تصريفها النهائي إلى البيئة البحرية؛ إذ تبلغ مساحة المحمية 185هكتارًا وتقع ضمن الأراضي المملوكة والمحددة لنشاط المنطقة الحرة (الثعلبي، فيصل 2005 م).



شكل رقم (1) يوضح محمية الحسوة

2. الجانب العملي:

أولًا: طرائق العمل وأخذ العينات:

أخذت ست عينات لكل عينة ثلاثة مكررات من محمية الحسوة من نبات نخيل البهش من أشجار عديدة وشملت مواقع أخذ العينات قمة النبات قبل استخراج الطاري ومن الوسط النامي بعد استخراج الطاري وثمار البهش الطرية وثماره الصلبة وعينتين سائلة الاولى طاري طازج من الشجرة والثانية خل بعد عملية المعالجة.

ثانيًا: إعداد العينات للتحليل:

1. العينات الجافة: جففت العينات ثم طحنت ثم نخلت العينات باستخدام منخل حجم الفتحات (mm2) ووضعت في عبوات بولي أيثلين تمهيدًا لهضمها ثم وزنت العينات ووزعت على الأنابيب والكؤوس الخاصة بالهضم.
2. العينات السائلة: قسمت العينات السائلة إلى عينتين.
3. الطاري: هو السائل الطازج المستخرج من الشجرة والذي يتم معالجته وتحويله إلى خل.
4. الخل: هو السائل الذي مصدره الطاري الذي يتم معالجته (بوضعه في أوعية سعتها 20 لتر ويترك لها فتحات صغيرة لتفريغ الضغط الحاصل من عملية التخمر من عشرة أيام إلى (20) يومًا ثم يباع للمستهلك خلًا طبيعيًا في السوق المحلي).

تم أخذ العينتين بعبوات زجاجية بعد تجهيزها وغسلها بالماء المقطر ونقلها الى المختبر مباشرة لهضمها وتجهيزها للتحليل.

2. تحديد العناصر الثقيلة:

تم استخدم جهاز مطياف الحث المزدوج للبلازما Inductively coupled plasma (I.C.P) من شركة Agilent 7500cx للكشف عن وجود المعادن الثقيلة كما أن مواصفات الجهاز المستخدم فيه Blank 99.9% وغاز الأرجون النقي تركيز Argon5% ودرجة المبرد (12ºC, HNO_3) من حمض النيتريك، موديل (2000LY) صنع فرنسي.

تم استخدام الهضم الرطب؛ فقد أخذ (2 جرام) من عينات النبات المجففة، وأضيف اليها خليط من حمض الهيدروكلوريك والنتريك بنسبة (1:3 v/v) ويوضع على السخان الكهربائي عند درجة حرارة (C85 º)، واستمرت عملية التسخين حتى يتصاعد كل الأبخرة وتصبح العينة عديمة اللون مع مراعاة عدم جفاف العينة وبعد الانتهاء من عملية الهضم تترك العينة لتبرد، وتم ترشيح المحلول المتبقي في دورق حجمي 100مل ويكمل بالماء الخالي من الايونات إلى 100مل.

يتم نقل المحلول في علب البولي إيثلين وتعيين تراكيز المعادن الثقيلة بواسطة جهاز مطياف الحث المزدوج للبلازما (Inductively Coupled Plasma (ICP) ويتم تحضير المحلول المرجعي (Blank) باتباع الخطوات السابقة ولكن بدون وجود العينة.

2. التصميم المتبع لتحليل البيانات إحصائيًا:

نفذت التجارب العملية باستخدام تصميم العينات العشوائية وجرت المقارنة بحسب اختيار أقل فرق معنوي (L S D) وعلى مستوى احتمال 0.05 واستخدام التحليل الإحصائي للنتائج باستخدام برنامج الإحصاء (SPSS).

النتائج والمناقشة:

نتائج تعيين تراكيز العناصر الثقيلة (Cd ,Co, Cr, Ni, Pb ,and V) في عينات نخيل البهش المروي بمياه الصرف الصحي في محمية الحسوة.

جدول (1) تراكيز العناصر الثقيلة في عينات نبات نخيل البهش *(Hypheni aetbai)* المروية بمياه الصرف الصحي بوحدة mean ± SD) (ppm)

العينة	تركيز العناصر					
	Cd	**Co**	**Cr**	**NI**	**Pb**	**V**
الطاري	0.98	0.87	0.95	0.25	1.08	0.61
	0.99	0.87	0.95	0.25	1.06	0.61
	0.99	0.87	0.94	0.24	1.03	0.60
Mean valume	0.98	0.87	0.94	0.24	1.05	0.60
الوسط النامي	0.99	0.86	0.69	1.99	0.88	0.61
	0.98	0.87	0.84	1.5	0.96	0.61
	0.99	0.87	0.90	2.47	0.95	0.61
Mean valume	0.98	0.86	081	1.98	0.93	0.61
القمة النامية	0.99	0.86	0.70	1.79	1.03	0.61
	0.99	0.86	0.81	4.44	1.04	0.61
	0.99	0.86	0.89	0.92	1.03	0.61
Mean valume	0.99	0.86	0.80	2.38	1.03	0.61
الخل	0.99	0.86	0.93	0.14	0.99	0.60
	0.99	0.86	0.93	0.19	0.99	0.60
	0.99	0.86	0.06	0.06	0.97	0.60
Mean valume	0.99	0.86	0.64	0.13	0.98	0.60
الثمرة الجافة	0.99	0.87	0.87	1.26	1.00	0.61
	0.99	0.87	0.89	0.92	0.98	0.60
	0.99	0.86	0.86	0.90	1.03	0.61
Mean valume	0.99	0.86	0.87	1.02	1.00	0.60
الثمرة الرطبة (حسلة)	1.00	0.86	0.89	0.45	0.98	0.61
	0.99	0.87	0.89	0.25	1.08	0.61
	0.99	0.87	0.89	0.41	1.01	0.60
Mean valume	0.99	0.86	0.89	0.37	1.02	0.60
mean ± SD	0.98±0.60	0.86 ± 0.016	0.82±0.031	**1.02±0.36**	**1.005±0.615**	**0.606±0.033**
Min	1	0.87	0.95	4.44	1.08	0.61
Max	0.98	0.86	0.06	0.06	0.88	0.6

أشارت النتائج إلى أن متوسط تركيز الكادميوم في عينة الطاري بلغت 0.98 ppm وفي الوسط النامي 0.98 ppm وعينة القمة النامية بلغ 0.99 ppm وفي عينة الخل 0.99ppm وعينة الثمرة الجافة 0.99 ppm وعينة الثمرة الرطبة كان التركيز0.99ppm وهذه النتائج تتقارب مع دراسة (العلوي، عبد الحكيم وآخرون 2017م) والتي تبين أن تركيز عنصر الكادميوم 0.65 (جزء في المليون) وعلية يقل التركيز المعادن الثقيلة المدروسة وجميعها ضمن الحد المسموح فيه بحسب المواصفات اليمنية.

فقد وجد أن عنصر الكوبلت كان تركيزه في عينة الطاري 0.87 ppm وتساوت باقي العينات بمتوسط تركيز 0.866 ppm.

وأشارت النتائج إلى أن متوسط تركيز الكروم في عينات نخيل البهش وجدت في عينة الطاري 0.946 ppm، والوسط النامي 0.81 ppm، والقمة النامية 0.8ppm، وفي عينة الخل 0.64 ppm، وعينة الثمرة الجافة بلغ تركيزه 0.87 PPm، وفي عينة الثمرة الرطبة وجد0.89 ppm وكل التراكيز ضمن الحدود المسموح بها.

وأشارت نتائج الدراسة الى ان تركيز النيكل عالٍ في عينة القمة النامية 2.38ppm في حين الأقل تركيز في عينة الخل 0.13 ppm وفي عينة الوسط النامي وجد تركيزه 1.98 ppm وفي عينة الطاري وصل إلى 0.24 ppm، وفي عينة الثمرة الجافة وجد1.02 ppm وفي الثمرة الرطبة 0.3 7ppm.

وأشارت النتائج أن عنصر الرصاص كان المتوسط الأعلى تركيزًا في عينة الطاري إذ وجد 1.05 ppm والأقل تركيز في عينة الوسط النامي 0.93ppm وفي عينة القمة النامية وجد 1.03 ppm، وعينة الخل وجد 0.98 ppm وعينة الثمرة الجافة 1.00ppm وفي عينة الثمرة الرطبة (1.02ppm). وأشارت نتائج الدراسة إلى تقارب متوسط تركيز عنصر الفناديوم في كل العينات بين (0.60 - 0.61ppm) وكلها ضمن الحدود المسموح بها .مقارنة متوسط تراكيز المعادن الثقيلة في عينات نبات نخيل البهش المروية بمياه الصرف الصحي .

تشير الدراسة الحالية إلى أن تراكيز المعادن الثقيلة في نبات نخيل البهش المروية بمياه الصرف الصحي في الحدود المسموح بها إلا أنه يوجد بعض الاختلاف بزيادة بعض المعادن عن دراسة Munir, M. & A. Mohammed, (2004). وهذا يعزى إلى خاصية التراكم للمعادن الثقيلة المزمنة بحسب ريها بمياه الصرف الصحي.

يتضح ان مستوى المعادن الثقيلة (Cd, Co, Cr, Ni, Pb, V) في النبات المدروس تقع ضمن الحدود المسموح بها ويتفق هذا مع دراسة (عمر، نجيبة وآخرون 2007م). في حين أشار (محمود، آمال 2008م). ان الحدود الطبيعية للرصاص (5ppm – 10) إذ بلغ في الطاري كأعلى قيمة (1.05) وأقل قيمة في الوسط النامي (0.93). على وفق ذلك، فان مستوى المعادن الثقيلة في عينات نبات نخيل البهش تقع في الحدود الطبيعية، ولا تقع ضمن المدى السام (300 ppm – 30).

أشار (العلوي، عبد الحكيم وآخرون 2017م) في دراستهم ان تركيز الكادميوم (0.005ppm) والرصاص (0.08ppm) في الحشائش المروية بمياه الصرف الصحي أقل مما توصلنا اليه في الدراسة الحالية إذ ان متوسط التراكيز متقاربة في كل العينات المدروسة بين (0.90ppm -0.99 ppm)، يمكن أن يرجع السبب في ذلك لاختلاف نوع النبات المدروس الذي يختلف من نوع إلى آخر في قدرة امتصاصه للعناصر الثقيلة المختلفة.

إن تركيز الكوبالت في عينات (نبات نخيل البهش المروية بمياه الصرف الصحي) يقع عند المستوى الطبيعي إذ ظهر متوسط تركيزه في العينات بين (0.86 - 0.87) ، ولم يصل إلى الحد السام (15 – 50ppm).

وأشار(6). في دراستهم لقياس المعادن في الذرة والحشائش بمحمية الحسوة، أن تركيز المعادن في عينة نبات الذرة الرفيعة (القصب) يقع ضمن الحدود الطبيعية وتتوافق ذلك مع الدراسة الحالية، وتشير النتائج ان متوسط تركيز النيكل في عينات (الطاري، والخل، والثمرة الجافة، والثمرة الرطبة (حسلة) أقل من المدى الطبيعي المحدد في المواصفات وهو (20-1000ppm).

أسفرت نتائج تحليل البيانات في الجدول (1) إلى:

1. بالنسبة للعينة الأولى: توجد علاقة عكسية ضعيفة، وغير دالة إحصائيًا، بين تراكيز المعادن الثقيلة في متوسطات التكرارات
2. كما توجد علاقة طردية ضعيفة، وغير دالة إحصائيًا، بين تراكيز المعادن الثقيلة في متوسطات التكرارات الثلاثة للعينة الأولى والعينة الرابعة.
3. بالنسبة للعينات (2، 3، 5، 6): توجد علاقة ارتباط طردية قوية، ودالة إحصائياً بين تراكيز المعادن الثقيلة في متوسطات التكرارات الثلاثة بين العينات (2، 3، 5، 6)، باستثناء العينتين الأولى والرابعة فالعلاقة معهما عكسية ضعيفة وغير دالة إحصائياً.
4. بالنسبة للعينة الرابعة: توجد علاقة عكسية ضعيفة، وغير دالة إحصائيًا، بين تراكيز المعادن الثقيلة في متوسطات التكرارات الثلاثة للعينة الرابعة والعينات (2، 3، 5، 6)، كما توجد علاقة طردية ضعيفة، وغير دالة إحصائيًا، بين تراكيز المعادن الثقيلة في متوسطات التكرارات الثلاثة للعينة الرابعة والعينة الأولى.

وللتأكد من قوة العلاقة بين المتغير المستقل (مياه الصرف الصحي) والمتغير التابع (تراكيز المعادن الثقيلة Cd, Co, Cr, Ni, Pb, V في متوسطات التكرارات الثلاث للعينة الأولى، قام الباحث بحساب ما يسمى بحجم الأثر (r^2)، بدلالة مربع معامل الارتباط والذي تراوحت قيمه ما بين حجم أثر (r^2) معدوم، ومتوسط إلا أنه غير دال إحصائيًا(0.03-0.41)، بحسب ما ورد في التصنيف السابق.

وبالنسبة لقوة العلاقة بين المتغير المستقل (مياه الصرف الصحي) والمتغير التابع (تراكيز المعادن الثقيلة Cd, Co, Cr, Ni, Pb, V في متوسطات التكرارات الثلاث للعينات (2، 3، 5، 6)، قام الباحث باحتساب ما يسمى بحجم الأثر (r^2)، بدلالة مربع معامل الارتباط والذي أشار إلى علاقة ارتباط طردية قوية، ودالة إحصائيًا، تراوحت قيمها ما بين (0.99-1.00)، بحسب ما ورد في التصنيف السابق. باستثناء العينتين الأولى والرابعة فقد كان حجم الأثر (r^2) معدومًا أو متوسط (0.029-0.46) بحسب ما ورد في التصنيف السابق.

وللتأكد من قوة العلاقة بين المتغير المستقل (مياه الصرف الصحي) والمتغير التابع (تراكيز المعادن الثقيلة Cd, Co, Cr, Ni, Pb, V في متوسطات التكرارات الثلاث للعينة الرابعة، قام الباحث بحساب ما يسمى بحجم الأثر(r^2)، بدلالة مربع معامل الارتباط (r^2) معدوم، (0.027-0.029)، بحسب ما ورد في التصنيف السابق.

فيما يتعلق بفحص الفرضية الأولى:

لا توجد علاقة ارتباط دالة إحصائيًا بين تراكيز المعادن الثقيلة في التكرارات الثلاث لكل عينة من العينات الست لنبات نخيل البهش بحسب ريها بمياه الصرف الصحي.

ويتفرع من هذه الفرضية الفرضيات الفرعية الآتية:

1.1 لا توجد علاقة ارتباط دالة إحصائيًا بين تراكيز المعادن الثقيلة في التكرارات الثلاث للعينة الأولى لنبات نخيل البهش بحسب ريها بمياه الصرف الصحي.

1.2 لا توجد علاقة ارتباط دالة إحصائيًا بين تراكيز المعادن الثقيلة في التكرارات الأولى للعينات الست لنبات نخيل البهش بحسب ريها بمياه الصرف الصحي.

للتأكد من صحة الفرضية (1.1) في الكشف عن دلالة العلاقة، استخدم الباحث معامل ارتباط بيرسون، والمصفوفة الآتية توضح قيم معاملات الارتباط بين تراكيز المعادن الثقيلة في التكرارات الثلاث للعينة الأولى:

تشير بيانات الجدول إلى وجود علاقات ارتباط دالة إحصائيًا، موجبة، وطردية (ما بين تامة وقوية) بين تراكيز المعادن الثقيلة في التكرارات الثلاث للعينات الست لنبات نخيل البهش بحسب ريها بمياه الصرف الصحي، وتسفر مثل هذه النتيجة أنه كلما زاد مرور مياه الصرف الصحي في نبات نخيل البهش زاد تركيز المعادن الثقيلة فيه.

وللتأكد من قوة العلاقة بين المتغير المستقل (مياه الصرف الصحي) والمتغير التابع (تراكيز المعادن الثقيلة Cd, Co, Cr, Ni, Pb, V في التكرارات الثلاث للعينات الست، قام الباحث بحساب ما يسمى بحجم الأثر (r^2)، بدلالة مربع معامل الارتباط والذي تراوحت قيمه ما بين (1.000-0.953) وهذا مؤشر على قوة العلاقة بين تراكيز المعادن الثقيلة بحسب مرورها في مياه الصرف الصحي.

حجم الأثر (q) = مربع معامل الارتباط (r^2) وقد تم تصنيف قيم حجم الأثر عند استخدام الإحصائي معامل الارتباط إلى ثلاثة مستويات وفق قوتها:

1- حجم تأثير صغير إذا كانت قيمة r^2 أو q = 0.01

- حجم تأثير متوسط إذا كانت قيمة r^2 أو q = 0.30
- حجم تأثير كبير إذا كانت قيمة r^2 أو q = 0.050
- بالنسبة للعينتين (1,4): توجد علاقة عكسية ضعيفة، وغير دالة إحصائيًا، بين تراكيز المعادن الثقيلة في التكرارات الأولى للعينتين الأولى والرابعة بالعينات (2، 3، 5، 6) بحسب ريها بمياه الصرف الصحي.
- بالنسبة للعينات (2، 3، 5، 6) توجد علاقة ارتباط طردية قوية، ودالة إحصائيًا بين تراكيز المعادن الثقيلة في التكرارات الأولى بين العينات (2، 3، 5، 6) بحسب ريها بمياه الصرف الصحي، باستثناء العينتين الأولى والرابعة فالعلاقة عكسية وغير دالة إحصائيًا.

وللتأكد من قوة العلاقة بين المتغير المستقل (مياه الصرف الصحي) والمتغير التابع (تراكيز المعادن الثقيلة Cd, Co, Cr, Ni, Pb, V في التكرارات الثلاث للعينتين الأولى والرابعة، قام الباحث باحتساب ما يسمى بحجم الأثر(r^2)، بدلالة مربع معامل الارتباط والذي تراوحت قيمه ما بين حجم أثر (r^2) صغير وغير دال إحصائياً وآخر معدوم (0.239-0.003)، بحسب ما ورد في التصنيف السابق.

وبالنسبة لقوة العلاقة بين المتغير المستقل (مياه الصرف الصحي) والمتغير التابع (تراكيز المعادن الثقيلة Cd, Co, Cr, Ni, Pb, V في التكرارات الثلاث للعينات (2، 3، 5، 6)، قام الباحث باحتساب ما يسمى بحجم الأثر(r^2)، بدلالة مربع معامل الارتباط والذي أشار إلى علاقة ارتباط قوية، تراوحت قيمها ما بين (0.99-1.00)، بحسب ما ورد في التصنيف السابق. باستثناء العينتين الأولى والرابعة فقد كان حجم الأثر (r^2) معدوم أ وصغير(0.239-0.01) بحسب ما ورد في التصنيف السابق.

يسمى بحجم الأثر، بدلالة مربع معامل الارتباط والذي أشار إلى علاقة ارتباط طردية قوية، ودالة إحصائياً، تراوحت قيمها ما بين 0.994-0.998)، بحسب ما ورد في التصنيف السابق. باستثناء العينتين الأولى والرابعة فقد كان حجم الأثر (r^2) معدومًا أو متوسطًا (0.36-0.004) بحسب ما ورد في التصنيف السابق.

وللتأكد من قوة العلاقة بين المتغير المستقل (مياه الصرف الصحي) والمتغير التابع (تراكيز المعادن الثقيلة Cd, Co, Cr, Ni, Pb, V) في التكرارات الثالثة للعينتين الأولى والرابعة، قام الباحث بحساب ما يسمى بحجم الأثر(r^2)، بدلالة مربع معامل الارتباط والذي تراوحت قيمه ما بين حجم أثر(r^2) معدومًا، وصغيرًا إلا أنه غير دال إحصائياً.(0.25-0.008)، بحسب ما ورد في التصنيف السابق.

قام الباحث باحتساب ما يسمى بحجم الأثر (r^2)، بدلالة مربع معامل الارتباط والذي أشار إلى علاقة ارتباط طردية قوية، ودالة إحصائياً، تراوحت قيمها ما بين (0.994-0.998)، بحسب ما ورد في التصنيف أعلاه باستثناء العينتين الأولى والرابعة فقد كان حجم الأثر (r^2) معدومًا أو متوسطًا (0.99-1.00) بحسب ما ورد في التصنيف السابق.

وللتأكد من قوة العلاقة بين المتغير المستقل (مياه الصرف الصحي) والمتغير التابع (تراكيز المعادن الثقيلة Cd, Co, Cr, Ni, Pb, V في متوسطات التكرارات الثلاث للعينة الأولى، قام الباحث بحساب ما يسمى بحجم الأثر (r^2)، بدلالة مربع معامل الارتباط والذي تراوحت قيمه ما بين حجم أثر(r^2) معدومًا، ومتوسطًا إلا أنه غير دال إحصائيًا.(0.03-0.41)، بحسب ما ورد في التصنيف السابق.

وبالنسبة لقوة العلاقة بين المتغير المستقل (مياه الصرف الصحي) والمتغير التابع (تراكيز المعادن الثقيلة Cd, Co, Cr, Ni, Pb, V في متوسطات التكرارات الثلاث للعينات (2، 3، 5، 6)، قام الباحث بحساب ما يسمى بحجم الأثر(r^2)، بدلالة مربع معامل الارتباط والذي أشار إلى علاقة ارتباط طردية قوية، ودالة إحصائيًا، تراوحت قيمها ما بين (0.99-1.00)، بحسب ما ورد في التصنيف السابق. باستثناء العينتين الأولى والرابعة فقد كان حجم الأثر (r^2) معدومًا أو متوسطًا (0.029-0.46) بحسب ما ورد في التصنيف السابق.

وللتأكد من قوة العلاقة بين المتغير المستقل (مياه الصرف الصحي) والمتغير التابع (تراكيز المعادن الثقيلة Cd, Co, Cr, Ni, Pb, V في متوسطات التكرارات الثلاث للعينة الرابعة، قام الباحث بحساب ما يسمى بحجم الأثر (r^2)، بدلالة مربع معامل الارتباط (r^2) معدومًا، (0.027-0.029)، بحسب ما ورد في التصنيف السابق.

الاستنتاجات:

1. تعتبر منطقة الحسوة منطقة متوسطة التلوث ويعود ذلك الى المصادر الآتية: (مقلب القمامة، ومحطة تصريف مياه الصرف الصحي، ومحطة كهرباء كابوتا).
2. يمتص (نخيل البهش) المعادن الثقيلة من التربة وتتراكم في أنسجته بشكل منخفض.
3. زيادة العمران والازدحام السكاني وزيادة مياه الصرف الصحي تفوق طاقة محطة المعالجة وهو الأمر الذي يؤدي لتصريف المياه دون معالجة.
4. من دراسة العناصر الثقيلة في النبات؛ فقد لوحظ وجود تراكم معنوي للعناصر المدروسة، ولم تتجاوز كل الحالات الحدود المسموح بها.

المراجع:

- أبوطيبة، أحمد ناصر، ناصر منصور الشداد (2004م). اعادة استخدام المياه المعالجة لمحطات الصرف الصحي بمحافظة عدن. وثائق ورشة الاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي بعد المعالجة، مركز دراسات وعلوم البيئة - جامعة عدن.
- الثعلبي، فيصل صالح عبيد (2005م). الدراسة الاقتصادية والاجتماعية لمحميات الاراضي الرطبة لمحافظة عدن (بحيرات المملاح، كالتكس الحسوة). برنامج الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية (SNRMP)، عدن، اليمن ص 166.
- الثعلبي، فيصل صالح عبيد (2011م). الخطة الإدارية لمحمية الحسوة البيئية وزارة المياه والبيئة. هيئة حماية البيئة، ص35.

- السنيدي، محمد علي محمد (1993م). الأهمية البيئية لزراعة الحزام الأخضر حول عدن. مجلة المهندس الزراعي العربي، العدد (36)، دمشق.
- الشبحي، محمد هادي وفؤاد، إسماعيل علي وسمير، عبد الرحمن محمد وجمال علي النقيب وناصر منصور احمد (2007م). زراعة الأعلاف المختلفة بالمياه العادمة المعالجة. ورشة عمل حول إعادة استخدام المياه العادمة كأحد البدائل الممكنة لتنمية الموارد المائية وترشيد استخداماتها، عدن – اليمن صفحة 19.
- العلوي، عبد الحكيم وعرفات ثابت عامر وعبد الرحمن بن يحيى (2017م). تقدير المعادن الثقيلة في المياه والتربة وبعض الأنواع النباتية طيبة في محمية الحسوه – عدن. مجلة جامعة عدن للعلوم الطبيعيه و التطبيقية ، المجلد 22، العدد 2، 239-308 .
- الكاف، حسن عبد الرحمن، أنيس احمد علي وعبد الرحمن علوي بن يحيى (2004م). الصفات الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي بعد المعالجة والحماه في محافظة عدن. مركز دراسات وعلوم البيئة، جامعة عدن، الورشة العلمية حول الاستخدام الأمن لمياه الصرف الصحي المعالجة، جامعة عدن، الجمهورية اليمنية، ص8.
- الكاف، حسين عبد الرحمن (2003م). جاهزية بعض العناصر المغذية للنباتات والعناصر الثقيلة في تربة مزرعة كلية ناصر للعلوم الزراعية بمحافظة لحج. المجلة اليمنية للبحوث ألزراعية العدد الثامن عشر ص 85-97.
- عمر، نجيبة حسن، وعلي، مشهور الجنيد وعبدالله، عبدالمجيد المجيدي (2007م). تأثير الري بنسب مختلفة من مياه الصرف الصحي المعالجة ومياه آبار على نمو وكمية المادة الجافة لعلف الذرة الرفيعة والشامية في نوعين من الترب. المجلة اليمنية للبحوث الزراعية، العدد (24)، 61-80
- محمود، آمال احمد (2008م). تراكيز الملوثات في مياه ورواسب ونباتات بعض المسطحات المائية في جنوب العراق. رسالة دكتوراه، علوم الحياة-جامعة البصرة، ص244.
- مسعد، ناديه أحمد (2011م). تلوث الأغذية وعلاقته بالبيئة. مختبر مراقبة الأغذية عدن، نشره فصليه عن مركز دراسات وعلوم البيئة جامعة عدن، العدد الخامس ص11-12

- *Abtahi, M. ; Y. Fakhri ; G. Oliveri Conti; H. Keramati; Y. Zandsalimi; Z . Bahmani; & S. M. Ghasemi (2017).* ***Heavy metals (As, Cr, Pb, Cd and Ni) concentrations in rice (Oryza sativa) from Iran and associated risk assessment****: a systematic review.* .341-331 ,(4)36 ,*Toxin reviews*

- *Alemu, A., & S. M. Gabbiye, (2019).* ***Adsorption of chromium (III) from aqueous solution using vesicular basalt rock****. Cogent Environmental Science, (51 .61).*

- *American Public Health Association.(APHA) (1995).* ***Standard methods for the examination of water and waste water****; 19th ed. Ameri.n Water Works Association and Water Pollution Control Federation Washington, DC.*

- *Chen, B.; M. Y., Han ; K. Peng; S. L. Zhou; L., Shao; X. F., Wu, & mhi, G. Q. (2018).* ***Global land-water nexus: Agricultural land and freshwater use embodied in worldwide supply chains. Science of the Total Environment****, 613, 931-943.*

- *Christensen, J.M; O.M. Poulsen ; M .Thomsen (1993).* ***A short-term cross-over study on oral administration of soluble and insoluble cobalt compounds: sex differences in biologi. l levels. Int. Arch Occup****. Environ. Health, 65: 233-40.9.*

- *Dovlatabadi, A. ; E. H. Estiri; M. L. Najafi; A. Ghorbani; H . Rezaei; M. Behmanesh; & M. Miri (2010).* ***Bioaccumulation and health risk assessment of exposure to potentially toxic elements by consuming agricultural products irrigated with wastewater effluents****. Environmental research, 205, 112479.*

- *Duruibe, J O. ; M O C .Ogwuegbu and J. N. Egwurugwu (2007).* ***Heavy metal pollution and human biotoxic effects****. Inter. J. of Phys. Sci., 2 (5): 112-118.*

- *Freedman, B. (1995).* ***Environmental Ecology****. The ecological effects of pollution, disturbance and other stresses. 2nd Edition. Academic Press, INC. pp. 606.*

- *Jaramillo, M. F., & I. Restrepo, (2017).* ***Wastewater reuse in agriculture****: A review about it-limitations and benefits. Sustainability, 9(10), 1734.*

- *Khalid, R.A. (1980).* ***Chemical mobility of dmium in sediment-water systems in the Environment****. Ch. 8, p. 257 – 304. J. Wiley-Interscience Pub1.*

- *Khalid, S. ; M. Shahid; M. ; I. Bibi; T. Sarwar; A. H. Shah; & N. K. Niazi (2018).* ***A review of environmental contamination and health risk assessment of wastewater use for crop irrigation with a focus on low and high-income countries****. International journal of environmental research and public health, 15(5), 895.*

- *Lisak, G.(2011).* ***Reliable environmental trace heavy metal analysis with potentiometric- ionsensors-reality or a distant dream. Environmental Pollution****, 289, 117882.*

- Ltoh, H. ; M. Iwasaki; N. Sawada; R. Takachi; Y. Kasuga; S. Yokoyama & S. Tsugane .(2014). ***Dietary cadmium intake and breast cancer risk in Japanese women: a ,case–control study****. International journal of hygiene and environmental health* 217 (1), 70-77.

- Mahmood, B. M., S. Fawzi; N. Al-Zubaidi; Y. Yaseen (2014). ***Investigating the influence of emitted arsenic from crude oil combustion on glutathione level in workers at Al- Qudis power plant****, in Baghdad, Iraq. International Journal of Advanced Research, Vol 2 (5): 630-637.*

- Munir, M. and A. Mohammed, (2004). ***Forage yield and nutrient uptake as influenced by secondary treated wastewater****. Journal of Plant Nutrient, 27: 351-365.*

- Shooshtarian, M. R., M. Dehghani; F. Margherita; O.C.,Gea; S. Mortezazadeh, (2018). ***Land use change and conversion effects on ground water quality trends: An integration of land change modeler in GIS and a new Ground Water Quality Index developed by fuzzy multi-criteria group decision-making models****. Food and Chemical Toxicology, 114, 204-214.*

- Younas, F., N. K. Niazi; I. Bibi; M., Afzal; K. Hussain; M. J Shahid & Bundschuh. (2020). ***Constructed wetlands as a sustainable technology for wastewater treatment with emphasis on chromium-rich tannery wastewater****. Journal of Hazardous Materials, 422, 126926.*