دراسة قدرة نبات الصفصاف الأبيض. *Salix alba* L المزروع على ضفاف نهر العاصي في مدينة حماه على امتصاص عنصر الرصاص ومراكمته (Pb).

صبا ياغي* ميساء كعكة**
عبد الكريم المحمد *** مصطفى مازن عطري****
*طالبة دراسات عليا (ماجستير) قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة كلية الزراعة
**أستاذ مساعد،قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة جامعة حلب
***دكتور في مديرية الزراعة والإصلاح الزراعي، حماه
****باحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، حلب

الملخص

هدف البحث دراسة قدرة أشجار الصفصاف الأبيض(*Salix* alba L.) على امتصاص ومراكمة عنصر الرصاص (Pb) المزروع على جانبي نهر العاصي في مدينة حماه. وجمعت العينات النباتية من الأوراق والقلف والجذور والخشب التي لا تبعد سوى عدة أمتار عن مجرى النهر، أما عينات التربة فقد جمعت على عمق cm (40–0) من المنطقة المحيطة بالنباتات، وجمعت عينات شاهد للتربة والنبات من مناطق خالية من التلوث. وباستخدام جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري تم تقدير تركيز عنصر الرصاص في العينات النباتية والترابية. أظهرت النتائج أن القيمة المتوسطة لمحتوى التربة من عنصر الرصاص كانتppm(309)، وأما بالنسبة لتركيز الرصاص في أجزاء النبات الواحد فقد تراوحت بين –0.11) ppm (9.23 بالوزن الجاف حيث كانت أقل نسبة في الأوراقppm (0.11) يليه الخشب بنسبة (5.14) ppm ومن ثم القلف بنسبة ppm (6.25) بينما القيمة الأكبر كانت في الجذور بنسبةppm (9.23) ، وبينت نتائج التحليل الاحصائي تفوق جذور الصفصاف الأبيض على باقي الأجزاء النباتية (خشب، قلف، أوراق)، ولم يتجاوز قيمة معامل التراكم الحيوي (BF) عن الواحد (BF<1) وبالتالي يمكن اعتبار الصفصاف الأبيض دليلاً حيوياً على التلوث.

الكلمات المفتاحية: الرصاص– الصفصاف الأبيض– الامتصاص الذري– التراكم الحيوي– نهر العاصي

Studing the ability of White Willow Planted on the Banks of the Orontes River in Hama City to absorb and accumulate Lead Element(Pb).

Abstract

This research aims to study the ability of the white willow trees (*Salix alba* L.) to absorb and accumulate Lead element (Pb) planted on both sides of the Orontes River in the city of Hama. Plant samples were collected from leaves, bark, roots and wood, which are only several meters from the river stream. Soil samples were collected at a depth of (0-40) cm from the area around the plants. Soil and plant witness samples were collected from pollution-free areas.

Using Atomic Absorption Spectroscopy, the concentration of lead in plant and soil samples was estimated. The results showed that the average value of the soil content of the lead element was(309 ppm), As for the concentration of lead element in the different parts of the white willow, it ranged from (0.11-9.23 ppm) by dry weight, where it was the lowest ratio in the leaves (0.11 ppm) Followed by wood (5.14 ppm) And then bark(6.25 ppm)while the largest value was in roots (9.23 ppm) The results of the statistical analysis showed that the roots of white willow outweighed the rest of the plant (Wood, Bark, Leaves) and that the value of the bioaccumulation coefficient (BF) was not more than 1 (BF<1) and that white willow could therefore be considered a vital evidence of contamination.

Keywords:

Lead-White Willow - Atomic Absorption - Bioaccumulation- Orontes River

مقدمة:

من أهم المشكلات البيئية التي يواجها الإنسان المعاصر التلوث. يمكن تعريف التلوث(Pollution) بأبسط صورة بأنه أي تغير كمي أو كيفي في مكونات البيئة الحية وغير الحية والذي بدوره يحدث خللاً في توازن الأنظمة البيئية. كما ويُعرف أيضاً بأنه إدخال مواد مختلفة إلى البيئة والتي تسبب خللاً أو ضرراً للأنظمة الفيزيائية أو الكائنات الحية الموجودة بها [1]، حيث أن هذه المشكلة ليست جديدة بل كانت تلازم الإنسان منذ بدء النشوء ولكنها تفاقمت في القرن العشرين إذ ازدادت خطورتها بنهاية الحرب العالمية الثانية نتيجة للأنشطة البشرية والصناعية المختلفة بالإضافة إلى عمليات التنقيب والبحث عن الوقود والمعادن هذا كله أدى إلى إحداث تغيرات في التوازن الطبيعي للبيئة ومكوناتها المختلفة الحية وغير الحية [9].

و من أهم الملوثات البيئية في عصرنا هذا هي المعادن الثقيلة (Heavy metals) والتي تسبب مشاكل بيئية عديدة [13]، حيث تُعد المعادن الثقيلة من المكونات الطبيعية للقشرة الأرضية ومن السموم الأقدم التي عرفتها البشرية منذ آلاف السنين، وبالرغم من الدور الحيوي المهم لبعض هذه المعادن إلا أنها جميعها سامة في التراكيز العالية [19]. إذ ينتشر التلوث بالعناصر الثقيلة في كل مكان في بيئتنا، حيث ينتج عن النشاطات البشرية المتنوعة كمخلفات المصانع والتعدين وصناعة الطلاء والسيارات والتسميد واستخدام مياه الصرف الصحي في الري .

وقد أثارت ظاهرة التلوث بالعناصر الثقيلة القلق الشديد مؤخراً بعدما اكتشف بأن بعض النباتات تراكم هذه العناصر بتراكيز عالية وفي الأجزاء المختلفة من النبات والتي تكون سامة لها وللحيوانات التي قد تتغذى عليها [11]، حيث تكمن خطورتها في إمكانية انتقالها إلى الإنسان عبر السلسلة الغذائية بالإضافة لقدرتها على البقاء فترة زمنية طويلة في البيئة دون تفكك وبالتالي صعوبة في إزالتها وتراكمها محدثة

مشاكل صحية وبيئية عديدة كتسمم النباتات والحيوانات والإنسان وتضرر النظام البيئي [16]. بشكل عام تصل العناصر الثقيلة إلى النباتات عن طريق التربة والماء والهواء، ويتم ذلك إما عن طريق الجذور أو عن طريق الأوراق (تمتصها عن طريق ثغورها أو تعترضها على سطحها) [15].

وقد أكد (Baker, 1981)أن بعض النباتات طورت قدرتها على النمو بوجود كميات كبيرة من المعادن الثقيلة في بيئتها [5]. كما تطورت طرائق عديدة للبحث في إمكانية التخفيف من خطر التلوث، و دراسة انتشاره ومن أهم هذه الطرائق استخدام أدلة حيوية على التلوث أكثر ملائمة للبيئة، وأقل تكلفة، حيث تم التركيز على الأنواع النباتية المختلفة التي تنمو في بيئات ملوثة بهذه العناصر الثقيلة. وقد تم تصنيف هذه النباتات إلى ثلاث فئات وفقاً لقدرتها على امتصاص العناصر الثقيلة ومراكمتها في أنسجتها وهي [12]:

- المراكمات Bioaccumulatior: وهي النباتات التي تتحمل أقصى مستوى من العناصر الثقيلة.
- المؤشرات Indicators: وهي النباتات التي تنظم امتصاص العناصر الثقيلة بحيث يعكس التركيز الداخلي المستوى الخارجي.
- المنفرات (المستبعدات) Excluders: وهي النباتات التي تحافظ على تركيز ثابت ومنخفض من العناصر الثقيلة في أنسجته.

وتعد تقنية تنقية البيئة الملوثة بالعناصر الثقيلة باستخدام هذه النبـاتات أو ما يسمى بـ (Phytoremediation) من الحلول الواعدة لمعالجة مشكلة تلوث التربة بهذه المواد الضـــــارة [20].

ولقياس كفاءة تراكم العناصر السامة في النباتات يستخدم عامل التراكم الحيوي (Factor Bioaccumulation) أكبر من الواحد، ويرمز له (BF) حيث يُعرف

بأنه النسبة بين تركيز العنصر في النبات الجاف تماماً إلى تركيزه في التربة، بينما يتم قياس قدرة النبات على نقل المعادن من الجذور إلى الأجزاء الهوائية باستخدام معامل الازاحة أو الانتقال (Translocation Factor) ويرمز له (TF) ويُعرف بأنه النسبة بين تركيز العنصر في الأوراق إلى تركيزه في الجذور وقيمته أكبر من 1 وهذا بدوره يدل على أن النبات ينقل المعادن الثقيلة بشكل فعال من الجذور إلى الأجزاء الهوائية[5].

أهمية البحث وأهدافه:

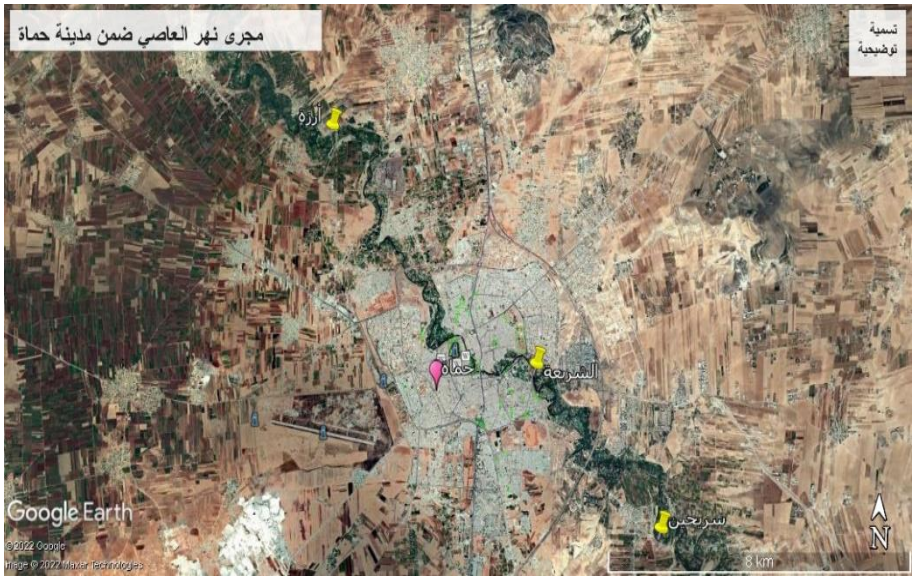
يشهد قطاع دراستنا (ضفاف نهر العاصي–مدينة حماه) نشاطاً بشرياً متنوعاً حيث يمثل مصبّاً للصرف الصحي، كما تستقبل تربة المواقع كميات كبيرة من الملوثات بما فيها العناصر الثقيلة، وهنا تبرز أهمية بحثنا في التعرف على مقدرة أشجار الصفصاف الأبيض *Salix alba* L. المزروعة على ضفافه على امتصاص هذه العناصر ومراكمتها وبالتالي تنقية الوسط المحيط بها قدر الإمكان كما أنه يمكن أن تسهم في استخدامها كأدلة حيوية على التلوث، ومن هنا كانت أهداف البحث متمثلة في:

- تقدير كمية الرصاص في أجزاء الصفصاف الأبيض *Salix alba* L. (الخشب والجذور والقلف والأوراق).
- تقييم درجة التلوث بالرصاص في تربة المواقع المدروسة.
- تحديد قيمة معامل التراكم الحيوي BF (Bioaccumulation Factor).
- تحديد قيمة معامل الازاحة أو الانتقال TF (Translocation Factor).

طرائق البحث ومواده:

1: موقع الدراسة:

تم اختيار ثلاثة مواقع على (ضفاف نهر العاصي) وهي:(موقع أرزة و موقع الشريعة و موقع سريحين) الشكل (1)، وقد أتت أهمية هذه المواقع كونها مناطق تحوي عدة منشآت تلقي مخلفاتها في مجرى النهر دون مراعاة لأي قواعد بيئية والتي بدورها تسبب تلوثاً بيئياً، وأهم هذه المنشآت منصرفات رحبة سريحين ومنصرفات وادي الكافات التي تضم ملوثات بشرية آتية من سلمية وتل الدرة والكافات، إضافة إلى أحواض الأسماك وأيضاً منصرفات النشاط البشري والسكني لمدينة حماه ومنصرفات الطرق العامة وبالإضافة إلى منصرفات الشركة العامة لصناعة الحديد وكافة النشاطات الصناعية المتوضعة جنوب المدينة.



الشكل (1) صورة فضائية لمنطقة الدراسة

2:الأنواع النباتية المدروسة

2-1 الصفصاف الأبيض (*Salix alba*): يتبع مملكة النبات Kingdom *Plantae* وشعبة البذريات *Spermatophytes*وشعيبة مستورات البذور *Angiosperms* وصف ثنائيات الفلقة *Dicotyledons* ورتبة والفصيلة الصفصافية *Salicaceae* واسمها بالإنجليزية Willow والجنس الصفصاف *Salix* والنوع الأبيض *Alba* كما وتعتبر شجرة متساقطة الأوراق وسريعة النمو تصل لارتفاعات حتى 25 متر وتكثر في الأرياف على حواف الترع والمجاري المائية.

3: طريقة أخذ العينات

تم بتاريخ 2020/8/13جمع عينات من أشجار الصفصاف الأبيض *Salix alba* L. المنتشرة ضمن مواقع الدراسة والتي لا تبعد سوى عدة أمتار عن مجرى النهر، حيث تم تحديد ثلاث نقاط متباعدة تشمل موقع الدراسة لأخذ ثلاث مكررات منها، ومن كل مكرر تم أخذ عينات مركبة من (الخشبWood –القلف Bark– الجذورRoot) وبكميات قليلة وبحذر شديد لتجنب إلحاق الضرر بالأشجار.

أما بالنسبة لعينات الأوراق (Leaves) فقد تم أخذ أوراق قديمة وأوراق حديثة من الجهات الأربعة للنبات الواحد وخُلطت معاً لتشكيل عينة واحدة (عينة مركبة) بالإضافة إلى أخذ عينات من التربة من منطقة الجذور مباشرة ومن الجهات الأربعة حول كل نبات على عمق (0 – 40 cm) وخلطت معاً لتشكل عينة مركبة واحدة، كما وأنه أخذت عينات لنفس الأجزاء النباتية (الخشب Wood – القلف Bark– الجذور Root – أوراق Leaves) وعينات تربة من مناطق بعيدة عدة كيلومترات عن مصادر التلوث واعتبارها شاهد للمقارنة لدراستنا.

4: طريقة تحضير العينات في المخبر

تم تحضير جميع العينات النباتية والترابية وفقاً لطريقة Rowell (1997).

4-1 - هضم العينات النباتية:

تم تنقية عينات (الأوراق والخشب والقلف والجذور) من الشوائب ومن ثم غسلها بماء الصنبور العادي أولاً ثم بالماء المقطر ومن ثم جففت على ورق مقوى (تجفيفاً هوائياً) وبعدها وضعت في أكياس ورقية ثم جففت بالمجفف على درجة حرارة ($60\ C^o$) لمدة 72 ساعة ، وللحصول على الرشاحة فقد تم وزن (0.50 g) من كل عينة من العينات المجففة على درجة حرارة ($60\ C^o$) والتي تم تجهيزها سابقاً ووضعت في جفنات من البورسلان لترميدها على درجة حرارة ($550\ C^o$) لمدة ساعتين أو ثلاث ساعات أو حتى يصبح لون العينات أبيض تماماً، ثم أضيف (5ml) من حمض كلور الماء HCl مع وضعها على السخان لمدة ساعة تقريباً مع التحريك من فترة لأخرى بقضيب زجاجي، بعد ذلك رشحت العينات بنقلها من الجفنات إلى دوارق معيارية سعة (50ml) وأكملت حتى الحجم المطلوب بالماء المقطر ومن ثم نقلت هذه الرشاحات إلى عبوات محكمة الإغلاق وحفظت لحين إجراء التحاليل اللازمة .

4-2- هضم العينات الترابية:

في البداية تمت تنقية عينات التربة من الحجارة أو أية شوائب أخرى، ثم وضعت في أكياس ورقية وجففت بالمجفف على درجة حرارة ($40\text{-}50\ C^o$) ثم تكسير وتنعيم الكتل الترابية المجففة يدوياً ومن ثم تم نخل العينات بمنخل قطر فتحاته 2 ملم للعينات ثم وضعت في عبوات مناسبة. و لتجهيز الرشاحة تم وزن (0.50g) من كل عينة من العينات التي تم تجهيزها سابقاً ووضعت في أنابيب زجاجية ثم أضفنا (6ml) من حمض كلور الماء HCl + (2ml) من حمض الأزوت HNO_3 وتركت لمدة 16 ساعة، ومن ثم وضعت على السخان على رجة حرارة ($180\ C^o$) مع

التحريك المستمر لها لمدة ساعتين حتى زوال اللون الأصفر ثم بردت ورشحت العينات وأكملت الرشاحة بالماء المقطر حتى (50ml)، ومن ثم نقلت هذه الرشاحات إلى عبوات محكمة الإغلاق وحفظت لحين إجراء التحاليل اللازمة.

5: تحليل العينات النباتية والترابية:

أُخذت تراكيز معينة من الرشاحات من عينات التربة والعينات النباتية لتقدير محتواها من عنصر الرصاص (Pb) الكلي ووضعت في عبوات خاصة بجهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري (Atomic Absorption Sbectrophotometer) نوع (Analytik Jena–ZEEnit 700) والذي يعمل بتقنيتي طيف اللهب والفرن الغرافيتي، لكن قبل ذلك تم ضبط الجهاز وتحديد طول الموجة العنصر المراد دراسته.

6: التحليل الاحصائي للبيانات:

تمت الدراسة الإحصائية وتحليل البيانات بواسطة برنامج SPSS (Statistic Program for Socil Sciences). حيث تم إجراء تحليل التباين الأحادي (One Way Anova) لمقارنة الفروق المعنوية بين المتوسطات بحساب أقل فرق معنوي باستخدام اختبار LSD عند مستوى معنوية (0.05).

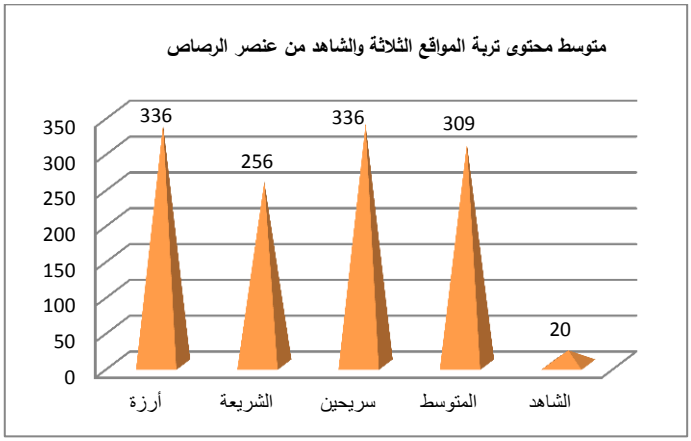
النتائج والمناقشة:

يُعد الرصاص أحد أكثر العناصر السامة في التربة [23]، كما وأنه يُصنف في المرتبة الثانية ضمن قائمة المواد العشرين الأكثر سمية [4]. ولم تثبت أي وظائف حيوية لهذا العنصر إذ يعتبر ساماً للنبات والحيوان والإنسان وحتى الأحياء الدقيقة ولو كان بتراكيز منخفضة [10]، يوجد الرصاص في التربة على نحو طبيعي ناتج عن تجوية الصخرة الأم، ولكن ارتفعت نسبته في البيئة المحيطة نتيجة الأنشطة

البشرية المختلفة [17]، ومن أهم مصادره الغير طبيعية رواسب الصرف الصحي، نشاطات التعدين وصهر المعادن، الدهانات المحتوية على الرصاص، الغازولين والمتفجرات، التسميد، المبيدات. ويتميز الرصاص بانخفاض قابليته للذوبان في التربة لذلك يميل للتراكم في الطبقة السطحية للتربة [6]، حيث تتأثر حركته في التربة وقابليته للامتصاص من قبل النبات أو انغساله بخصائص التربة ومن أهمها نوع التربة، المادة العضوية [14]. بالإضافة إلى أن الرصاص عنصر بطيء الحركة في التربة ويتراكم بشكل أساسي في الجذور [4]، وينتقل ببطىء شديد داخل النبات (من الجذور إلى الأنسجة المختلفة) [6].

1- تركيز الرصاص في تربة المواقع المدروسة:

بلغت كمية عنصر الرصاص في أتربة المواقع المدروسة وسطياً (309 ppm) شكل (2)، إذ نلاحظ ارتفاع هذه القيمة عند مقارنتها مع القيم المتوسطة لكمية هذا العنصر في مختلف أنواع الترب في العالم والتي تصل قيمتها (32 ppm) [15]، بالإضافة إلى أنه عند مقارنتها بتربة الشاهد والتي بلغت قيمته وسطياً (20ppm) نلاحظ أيضاً ارتفاع نسبته، حيث يمكننا الإشارة إلى وجود تلوث في أتربة المواقع المدروسة إلا أنها وحسب المعايير العالمية لم يتجاوز محتواها القيم الحدية لأتربة المناطق الصناعية (2000ppm) بينما تجاوزت محتواها محتوى القيم الحدية لأتربة الأراضي الزراعية (100ppm) [22].



الشكل (2) يظهر تركيز الرصاص في التربة المحيطة بالصفصاف الأبيض وتربة الشاهد

2-تركيز الرصاص في الأجزاء النباتية للصفصاف الأبيض: أظهرت نتائج الجدول رقم (1) أن تركيز الرصاص في عينات الصفصاف الأبيض.*Salix alba* L (أوراق -خشب – قلف- جذور) تراوحت وسطياً بين ppm (0.01-13.7) وقد بلغت هذه القيم تقريباً الحد الطبيعي لتركيز عنصر الرصاص في النبات والذي يتراوح بين ppm (5 -10) [3]، حيث تتوافق دراستنا مع ما تم الحصول عليه من نتائج من خلال تجربة أجريت في صربيا لتحديد استجابة الصفصاف الأبيض *Salix alba* L. الفيزيولوجية للنمو على ترب ملوثة بعنصر الرصاص حيث كانت نسبته الأعلى في الجذور بمتوسط (162ppm) مقارنة بالأجزاء الهوائية [18]. وفي دراسة أجريت في منجم رودنيك " Rudink" وسط جمهورية صربيا لتحديد تركيز عشر معادن ثقيلة لأربع أنواع نباتية مختارة وقد كان من ضمنها الصفصاف الأبيض *Salix alba* L. حيث أظهرت النتائج أن أعلى معدل لتراكم عنصر الرصاص كان في الجذور [8] ، ومن خلال استعراض النتائج التي توصلنا إليها نجد أن أعلى نسبة للرصاص سجلت

في الجذور بنسبة (9.13ppm) وقد يُفسر ذلك من خلال تقييد نقل المعادن السامة بين الجذور والجذوع وبين الأغصان والأوراق وهذا أمر ضروري لتجنب الاضرار في عمليات التمثيل الضوئي [8]، كما وتراوح تركيزه في عينة الشاهد بين (0.55 ppm–0.01) والتي بدورها تعتبر نسبة قليلة جداً مقارنة بالعينات المأخوذة من أماكن التلوث وهذا ما يدل على أن النبات يقوم بمراكمة الرصاص في أجزاءه النباتية (أوراق – خشب – قلف– جذور).

الجدول رقم (1) يظهر تركيز عنصر الرصاص في الأجزاء النباتية للنوع النباتي المدروس

الموقع	الجزء النباتي	الحد الأعلى والأدنى لمجال التركيز(Dw)/ppm	متوسط التركيز/ppm
أرزة	خشب	1.7–8	3.74
	قلف	1.4–8.3	4.3
	جذور	5.9–12.7	9.5
	أوراق	0.01–0.22	0.079
الشريعة	خشب	2.1–11	6.5
	قلف	3.3–13.7	9.03
	جذور	5.6–12.7	9.13
	أوراق	0.01–0.23	0.122
سريحين	خشب	2.7–7.9	5.1
	قلف	1.4–8.7	5.41
	جذور	6.8–12.7	9.06
	أوراق	0.28–0.21	0.13
الشاهد	خشب	0.02–0.09	0.04
	قلف	0.03–0.08	0.06
	جذور	0.13–0.55	0.3
	أوراق	0.01–0.03	0.02

3- **نتائج التحليل الإحصائي**

3-1- الموقع الأول (أرزة):

كشف لنا اختبار تحليل التباين الأحادي One Way Anova الجدول رقم(2) أن هناك فروق معنوية بين ستة مقارنات مع إهمال التكرارات منها وهي (جذور، خشب)،(جذور، قلف)،(جذور، أوراق)،(قلف، خشب)، (قلف، أوراق)، (خشب، أوراق) حيث كانت القيمة الاحتمالية لمقارنة (قلف، خشب) 0.904 وهي أكبر من 0.05 حيث يدل هذا على عدم وجود فروق احصائية فيما يتعلق الامتصاص أي أنه لايوجد فروق في عملية امتصاص الرصاص بين القلف والخشب حيث تتم عملية الامتصاص بنفس الكفاءة، أما المقارنات الخمسة الباقية فكانت القيمة الاحتمالية لهم 0.000 وهي أقل من 0.05 وعليه فإن هناك فروق معنوية ذات دلالات إحصائية فيما يتعلق بالامتصاص ولاختبار مصدر هذه الفروق تم اللجوء إلى اختبار LSD للمقارنات الثنائية بين هذه المجموعات وتم التحقق من الفرضية التي تنص على وجود فروق معنوية بين المقارنات الخمسة في امتصاص عنصر الرصاص ومعنى ذلك أن هناك اختلاف في امتصاص فيما بينهم وكانت الجذور الأفضل في الامتصاص والمراكمة مقارنة بباقي الأجزاء وقد يعود ذلك إلى وجود الرصاص بشكل غير متاح للنبات في هذا الموقع أو قد تعود إلى عدم تفضيل النبات لامتصاصه.

جدول رقم (2): نتائج الفروق المعنوية LSD لكمية الرصاص بين الأجزاء النباتية لنبات الصفصاف في أرزة.

المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	الفروق المعنوية بين المجموعة الأولى والثانية من العينات	sig
جذور	الخشب	5.7*	0.000
جذور	القلف	5.2 *	0.000
جذور	الأوراق	9.4 *	0.000
قلف	خشب	0.56	0.904
قلف	أوراق	4.2	0.000
خشب	أوراق	3.6	0.001

*. متوسط الفرق كبير عند مستوى معنوية 0.05

Significance :Sig

3-2 الموقع الثاني (الشريعة):

وباستخدام اختبار تحليل التباين الأحادي One- Way Anova الجدول رقم(3) يبين أن هناك فروق معنوية بين ستة مقارنات مع إهمال التكرارات منها وهي(جذور، خشب)، (جذور، قلف)، (جذور، أوراق)، (خشب ،قلف)، (قلف، أوراق)، (خشب، أوراق) حيث كانت القيمة الاحتمالية لمقارنة (جذور، قلف) هو 0.949 وهذه القيمة أكبر من 0.05 وهذا بدوره يدل على عدم وجود فروق إحصائية فيما يتعلق بالامتصاص أي أنه لا يوجد فروق في عملية امتصاص ومراكمة الرصاص بين الجذور والقلف ، اما المقارنات الخمسة الباقية فكانت القيمة الاحتمالية (0.000-0.001) وهي أقل من 0.05 وعليه فإن هناك فروق معنوية ذات دلالات احصائية فيما يتعلق بالامتصاص ولاختبار مصدر هذه الفروق تم اللجوء إلى اختبار LSD للمقارنات الثنائية بين هذه المجموعات حيث تم التحقق من الفرضية التي تنص على

وجود فروق معنوية بين المقارنات الخمسة في امتصاص عنصر الرصاص بمعنى أن هناك اختلاف في امتصاص ومراكمة الرصاص فيما بينهم حيث كانت الجذور الأفضل في الامتصاص والمراكمة مقارنة بباقي الأجزاء وقد يعود ذلك إلى وجود الرصاص بشكل غير متاح في هذا الموقع أو قد يعود الاختلاف إلى ارتفاع النبات حيث يكون على تماس أقل مع الملوثات على اعتبار أن انبعاثات وسائل النقل الملوث الأساسي بعنصر الرصاص في هذا الموقع وخاصة بما يتعلق بالأوراق وبالتالي كانت مراكمة الرصاص وامتصاصه بشكل أفضل عن طريق الجذور والقلف والخشب.

جدول رقم (3): نتائج الفروق المعنوية LSD لكمية الرصاص بين الأجزاء النباتية لنبات الصفصاف في الشريعة.

المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	الفروق المعنوية بين المجموعة الأولى والثانية من العينات	sig
جذور	خشب	− 2.54	0.041
جذور	قلف	−0.07	0.94
جذور	الأوراق	8.98 *	0.000
خشب	قلف	2.46	0.048
قلف	أوراق	8.91	0.000
خشب	أوراق	6.44	0.001

*. متوسط الفرق كبير عند مستوى 0.05

Significance :Sig

3-3- الموقع الثالث (سريحين)

كشف لنا اختبار تحليل التباين الأحادي One Way Anova الجدول رقم(4) أن هناك فروق معنوية بين ستة مقارنات مع إهمال التكرارات منها وهي(جذور، خشب)،(جذور، قلف)،(جذور، أوراق)،(قلف، خشب)، (قلف، أوراق)،(خشب، أوراق) حيث كانت القيمة الاحتمالية لمقارنة (خشب، قلف) هو 0.94 وهي أكبر من 0.05 حيث يدل هذا على عدم وجود فروق إحصائية فيما يتعلق بالامتصاص أي أنه لا يوجد فروق في عملية امتصاص الرصاص بين القلف والخشب حيث تتم عملية الامتصاص والمراكمة بنفس الكفاءة، أما المقارنات الخمسة الباقية فكانت القيمة الاحتمالية لهم 0.000 وهي أقل من 0.05 وعليه فإن هناك فروق معنوية ذات دلالات إحصائية فيما يتعلق بالامتصاص ولاختبار مصدر هذه الفروق تم اللجوء إلى اختبار LSD للمقارنات الثنائية بين هذه المجموعات وتم التحقق من الفرضية التي تنص على وجود فروق معنوية بين المقارنات الخمسة في امتصاص عنصر الرصاص ومعنى ذلك أن هناك اختلاف في امتصاص الرصاص فيما بينهم وكانت الجذور الأفضل في الامتصاص والمراكمة مقارنة بباقي الأجزاء وقد يعود ذلك إلى وجود الرصاص بشكل متاح في هذا الموقع أو قد تعود الأسباب لخصائص النبات نفسه.

جدول رقم (4): نتائج الفروق المعنوية لكمية الرصاص بين الأجزاء النباتية لنبات الصفصاف في سريحين

المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	الفروق المعنوية بين المجموعة الأولى والثانية من العينات	Sig
جذور	خشب	-3.99*	0.000
جذور	قلف	-4.00	0.000
جذور	الأوراق	8.93*	0.000
خشب	قلف	0.06	0.94
قلف	أوراق	4.93	0.000
خشب	أوراق	5.00	0.000

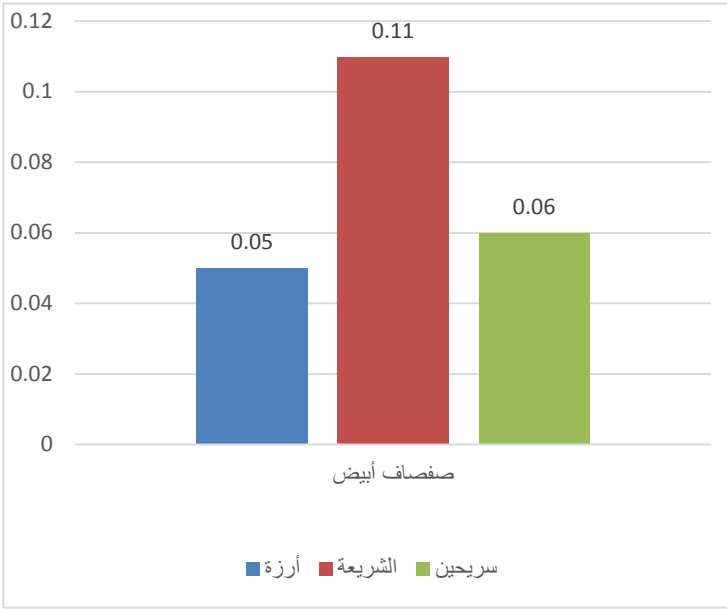
*. متوسط الفرق كبير عند مستوى معنوية 0.05

Sig: Significance

خلاصة القول: الجذور كانت الجزء الأفضل في مراكمة الرصاص من بين الأجزاء النباتية الباقية وفي جميع المواقع، بينما كان القلف الأفضل في مراكمة وامتصاص الرصاص مقارنة بالخشب والأوراق وأما بالنسبة للأوراق فكانت الأقل قدرة على مراكمة الرصاص من الأجزاء البقية.

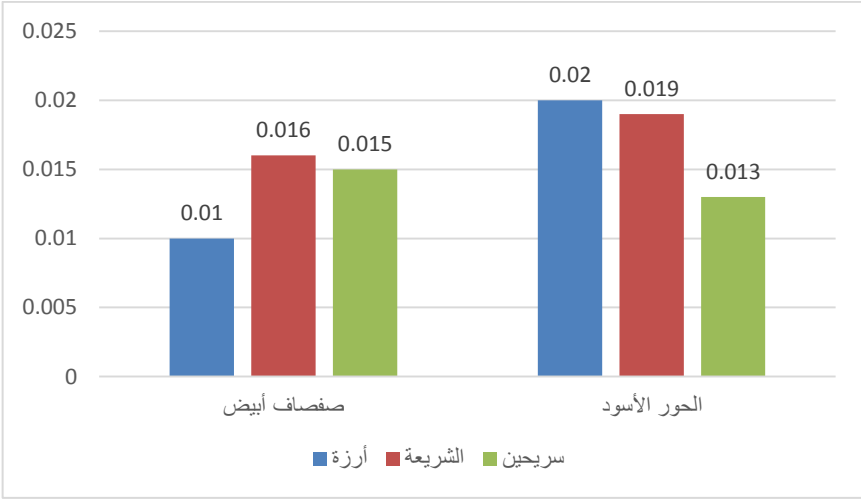
4- مقارنة معامل التركيز الحيوي BF ومعامل الانتقالTF بين الأنواع المدروسة للعناصر الثقيلة:

تمت مقارنة قيم معامل التركيز الحيوي للصفاف الأبيض في المواقع المدروسة والمبينة بالشكل (3) حيث يلاحظ تفوق الصفصاف الأبيض المنتشر في منطقة الشريعة في مراكمة عنصر الرصاص، هذا وقد تميز الصفصاف الأبيض بانخفاض قيمة معامل التركيز الحيوي في كل المواقع وحيث كانت القيمة أقل من 1 على الرغم من ارتفاع كميتها في التربة المحيطة بها وهذا يشير إلى القدرة التراكمية الضعيفة للصفصاف الأبيض وقد يعود ذلك إلى أسباب تتعلق بتواجد العنصر بشكل غير متاح للنبات أو لأسباب قد تتعلق بالنبات نفسه من حيث إفراز النبات لمواد عضوية تقوم بتثبيت الرصاص في منطقة الجذور ومراكمته فيها وهذا ما قد يفسر ارتفاع نسبته في الجذور مقارنة بباقي الأجزاء ويمكن أن يكون النبات نفسه قام بمراكمة الرصاص في الجذور نفسها حيث يُعرف هذا العنصر بانخفاض انتقاله من الجذور إلى الأجزاء الخضرية [7].



الشكل (3): قيم معامل التركيز الحيويBF

وأما بالنسبة لمعامل الانتقالTF حيث يلاحظ من الشكل (4) أن معامل الانتقال للرصاص في الصفصاف الأبيض كان أقل من 1 وهذا بدوره يدل على أن حركة المعدن ضعيفة ضمن النبات والذي قد يفسر ارتفاع نسبته في الجذور مقارنة بالأوراق [2].



الشكل (4): قيم معامل الانتقالTF

الاستنتاجات:

- تجاوز متوسط محتوى تربة المواقع جميعها (موقع أرزة و موقع الشريعة و موقع سريحين) من عنصر الرصاص (Pb) المجال المسموح به في الترب الزراعية ppm (32).
- كانت نسبة عنصر الرصاص(Pb) في جميع أجزاء نبات الصفصاف الأبيض(أوراق –خشب – قلف– جذور) ضمن المجال المسموح به (0.1–30)ppm.
- تفوقت جذور نبات الصفصاف الأبيض على باقي الأجزاء النباتية (أوراق – خشب – قلف) في مراكمة عنصر الرصاص (Pb) بينما تفوق القلف على الخشب في مراكمة عنصر الرصاص (Pb)، أما الأوراق فكانت الجزء الأقل قدرة على المراكمة.

- يمكن عد الصفصاف الأبيض.*Salix alba* L دليلاً حيوياً على التلوث حيث لم يتجاوز قيمة معامل التراكم الحيوي في المواقع الثلاث (BF) عن الواحد.
- كان هناك ضعفاً في حركة العناصر ضمن أجزاء نبات الصفصاف الأبيض(أوراق –خشب – قلف– جذور) حيث كان قيمة معامل الانتقال (TF) أقل من واحد.

التوصيات:

- تقيم مقدرة أنواع أخرى في المواقع المدروسة على مراكمة العناصر الثقيلة، حيث أن المواقع المدروسة كانت ملوثة بعنصر الرصاص وذلك نظراً لأهمية هذه المواقع لما فيها من أنشطة بشرية مختلفة.
- إجراء دراسات موسعة لتقييم مقدرة الصفصاف الأبيض .*Salix alba* L على مراكمة عناصر أخرى.
- الاهتمام بشكل متزايد بالنباتات من أجل الاعتماد عليها كأدلة حيوية على التلوث بالعناصر الثقيلة.

المراجع العربية

1- القدور، محمد باهر؛ عجوري، عزيزة؛ ميواك هشام. (2017). **دراسة حركية ادمصاص كاتيونات العناصر الثقيلة في بعض الترب المروية من مياه نهر العاصي في المنطقة الشمالية من محافظة حماه**. منشورات جامعة حلب، كلية الزراعة، صفحة 14.

المراجع الاجنبية

2- ALLOWAY BRIAN J., 1999- **Schwermetalle in Böden Analytik, Konzentrationen, Wechselwirkungen**. Springer Verlag Berlin Heidelberg, P 540.

3- AZHAR N.; ASHRAF M.Y.; HUSSAIN M.; HUSSAIN F., 2006- **Phytoextraction of Lead (Pb) by EDTA application through Sunflower (*Hellanthus Annuus L.*) Cultivation:Seedling Growth studies** .Pak.j.Bot.,38(5), 1551-1560.

4- BABY J.; RAJ J.; BIBY E.; SANKARGANESH P.; JEEVITHA M.; AJISHA S.; RAJAN, S., 2010- **Toxic Effect of Heavy Metals On Aquatic Environment**. Int. J. Biol. Chem. Sci. 4(4): 939-952.

5- BAKER A.J.M., 1981- **Accumulators and excluders – strategies in the response of plants to heavy metals**. J.Plant nutr,3: 643–54.

6- BARLOW R.; BRYANT N.; ANDERSLAND J.; SAHI S., 2000- **Lead Hyperaccumulation by Sesbania Drummondii**. Proceedings of The 2000 Conference On Hazardous Waste Research. (112-114).

7- BRKOVIĆ D.L.; BOŠKOVIĆ RAKOČEVIĆ L. S.; MLADENOVIĆ J.D.; SIMIĆ Z.B.; GLIŠIĆ R.M.; GRBOVIĆ F.G.; BRANKOVIĆ S. R.,2021- **Metal bioaccumulation, translocation and phytoremediation potential of some woody species at mine tailings**. *Journal of Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, (49)4.10-11*

8- BLUME H.; BRÜMMER G. W.; SCHWERTMANN U.; HORN R.; KÖGEL-KNABNER I.; STAHRR K.; AUERSWALD K.; BEUER L.; HARTMANN A.; LITZ, N. SCHEINOST A.; STANJEK H.; WELP G.; WILKE

B.,2008- **Scheffer/Schactschabel. Lehrbuch der Bodenkunde**. Heidelberg-Berlin, 571:329-346**.**

9- CANG, L., WANG, Q.Y., ZHOU, D.M., XU, H. **Effects of Electrokinetic-assisted Phytoremediation of a Multiple-Metal Contaminated Soil on Metal Bioavailability and Uptake by Indian mustard**. Separation and Purification Technology. 79, 2011, 246-253.

10- CURTIS L. R.; SMITH B. W., 2002- **Heavy Metal in Fertilizers: Considerations for Setting Regulations in Oregon**. Oregon State University. P. 36.

11- FRANCIS, U. U, 2009- **Conventional and new ways of remediating soils polluted with heavy metals.** Ufumes SCHOLARS, Nigeria.

12- Ghosh, M. and Singh, S.P, 2004 - **A comparative study of cadmium phytoextraction by Accumulater and Weed Species**. Envimental pollution, 133: 365-371

13- GISBERT, C.; ROS, R.; DE HARO, A.; WALKER, D.J.; PILAR BERNAL, M.; SERRANO, R.; AVINO, J.N**,** 2003 - **A plant genetically modified that accumulates Pb isespecially promising for phytoremediation**. Biochem Biophys Res Commun. 303(2): 2003 20-,440–445.

14- JADIA C.D.; FULEKAR M.H.,2008-**Phytoremediation: Theapplication of vermicompost to remove Zinc, Cadmium, Copper, Nickel and Lead by Sunflowerplant**.Environmental Engineering and Management Journal, Vol.7, No5, 547-558.

15- KABATA-PENDIAS, A; PENDIAS, H. 2001-**Trace Elements in Soils and Plants**. Boca Raton London New York Washington, D.C, 4036 P.

16- KRISHNA, P.V.؛ JYOTHIRMAYI, V. ؛ MADHUSUDHANA, K,2014- **Human health risk assessment of heavy metal accumulation through fish consumption,for Machilipatnam Coast, Andhra Pradesh**. International Research Journal of Public and Environmental Health, India, Vol.1 (5), 121-125.

17- SCHEFFER F.; SCHACHTSCHABEL P.,2008- **Lerbuch der Bodenkunde**. Auflage 15, Spektrum AkademischerVerlag Heidelberg. 582p.

18- LONE M.I.;Hi Z.,STOFFELLA P.J.;YANG X.2008- **Phytoremediation of Heavy Metals Polluted Soils and Water**. Progresses and Perspective. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 9(3),210-220.

19- MISHRA, A.؛ SK, S,2014- **Heavy Metal Toxicity: A Blind Evil**. J Forensic Res India, 5:2.

20- MITTAL, N ؛ SRIVASTAVA, A. K. ؛ BHUPENDRA ؛ KIRAN,2014-**Accumulationof heavy metals (cadmium and hexavalent chromium) in accessions of Hordeum Vulgare**.IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, India, Vol. 8, Issue 5, 79-82.

21- Milan B.; Slobodanka P.; Nataša N.; Borivoj K.; Milan Z.; Marko K.; Andrej P.; Saša O.,2012- **Response of Salix alba L. to heavy metals and diesel fuel contamination.** *African Journal of Biotechnology*,11(78), 14313-14319.

22- ROWELL D. L., 1997- **Bodenkunde Untersuchungsmethoden und ihre Anwendungen**. Springer-Verlag. ISBN 3 – 540 - 60825- 2 Springer - Verlag Berlin Heidelberg.Germany. 607 P.

23- YADAV, S.K.,2009- **Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metals stress tolerance of plants.** South African Journal of Botany, doi:10. 1016/j.sajb, 10.007.