ISSN: 2790-5306 (Print), 2790-5314 (Online)
مجلة الزراعة العراقية البحثية ـ وزارة الزراعة
متاح على الانترنت: www.ijarmoa.gov.iq
مجلد 28 العدد (1) 2024
IJAR
IRAQI JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH

استجابة نبات الدفلة لامتصاص العناصر الثقيلة من الترب الملوثة عند إضافة مستويات مختلفة من الكبريت والهيوميك*

مهند كمال مصطفى[1] عمار فخري خضير[1]
E-mail: muhand.k.mustafa@st.tu.edu.iq

©2024 Office of Agricultural Research, Ministry of Agriculture. This is an-open access article under the CC by Licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

الملخص

نُفذ البحث في الظلة الخشبية التابعة لمحطة البحوث والتجارب الزراعية– كلية الزراعة /جامعة كركوك للمدة من 2022/3/1 لغاية 2023/3/1، بهدف تقويم قدرة نبات الدفلة في المعالجة النباتية للعناصر الثقيلة الناجمة عن الملوثات البيئية التي تكون مصاحبة لعمليات الاستخراج والنقل والتكرير والحرق للمؤسسات التابعة للشركات النفطية إضافة الى غازات عوادم السيارات والمعامل الاهلية. صممت تجربة عامليه وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D) وبثلاث مكررات، زرعت شتلات الدفلة وهي بعمر 10أشهر، استعمل في البحث عاملين بهدف تعزيز قدرة نبات الدفلة على امتصاص ومراكمة العناصر الثقيلة ومعالجة التربة من هذه الملوثات، الأولى الكبريت الزراعي بثلاثة تراكيز(0، 5، 10) غم.سندانة$^{-1}$ إضافة مباشرة الى التربة، الثانية الهيوميك بثلاثة تراكيز (0، 5، 10) مل. سندانة$^{-1}$ إضافة مباشرة الى التربة، أوضحت نتائج مقاييس كفاءة النبات في استخلاص العناصر الثقيلة ارتفاع تركيز الرصاص في المجموع الخضري والجذري مع زيادة تراكيز المعاملة بالكبريت والهيوميك، قيم دليل معامل الانتقال (TF) ودليل معامل التراكم الحيوي (BAF) ارتفعت ايضاً وكانت القيم كافة أكبر من واحد ولتراكيز المعاملات جميعها.

الكلمات الدالة: المعالجة النباتية، الرصاص، الكبريت، الهيوميك، الدفلة.

المقدمة

تعد اغلب الأنشطة التي يقوم بها الانسان ملوثة للبيئة بشكل او بآخر، والتلوث البيئي ليس ظاهرة جديدة لكنه يبقى أكبر مشكلة تواجه البشرية في العالم، تسبب التلوث في عام 2015 في 9 ملايين حالة وفاة مبكرة وهو أكثر من ثلاثة أضعاف العدد من الوفيات الناجمة عن الملاريا والإيدز والسل مجتمعة [17]، يمكن تعريف المعالجة النباتية ببساطة بأنها عملية تنظيف البيئة بواسطة استخدام النباتات الطبيعية او المعدلة وراثياً بهدف إزالة المواد السامة الملوثة للتربة او الماء او الهواء وهي تقنية صديقة للبيئة، فضلاً

* البحث جزء من اطروحة دكتوراه للباحث الاول
[1] كلية الزراعة– جامعة تكريت، تكريت، العراق.
تاريخ تسلم البحث:24/اب/2023
تاريخ قبول البحث: 1/تشرين اول/2023
متاح على الانترنت بتاريخ: 25/تموز/2024

عن الناحية الجمالية التي توفرها زراعة النباتات [12]، وتمتاز المعالجة النباتية بأنها تقنية صديقة للبيئة رخيصة الكلفة تستمد من ضوء الشمس مصدراً للطاقة وناجعة في إزالة الملوثات العضوية وغير العضوية لاسيما عند مقارنتها بتقانات أخرى التي تعد ذات تكلفة عالية وغير مجدية [11]. فضلت هذه التقانة على باقي التقانات الفيزيائية والكيميائية لان هذه التقانات لمعالجة التربة تحدث ضرراً وتزيل الأنشطة البايولوجية جميعها بما في ذلك الاحياء المجهرية النافعة مثل البكتيريا المثبتة للنيتروجين، الفطريات، والكائنات الدقيقة الاخرى. وتعد العناصر الثقيلة من أخطر الملوثات لأنها لا تتحلل ويمكن ان تتراكم داخل أنسجة الكائن الحي، اذ تنتقل عبر السلسلة الغذائية بعد وصولها الى التربة من مصادر زراعية وصناعية مختلفة[5]. تصل العناصر الثقيلة الى التربة من مصادر متعددة واهمها عوادم السيارات والانبعاثات من مداخن مولدات الطاقة الكهربائية وكذلك زيوت المحركات المستهلكة وعمليات تكرير النفط وحرقه، اعتمادًا على خصائص التربة المحددة وأنواع النباتات ونوع المعدن الثقيل يمكن استخدام بعض النباتات بنجاح كطريقة فعالة وآمنة للعلاج من التربة الملوثة [2]. يشرع النبات بامتصاص الملوثات العضوية من الماء والتربة عبر الجذور وتنقل الملوثات إلى الأجزاء الهوائية ويتم تفكيكها بمساعدة الأنزيمات التي يفرزها النبات وتحول إلى مركبات متطايرة أو تخزن [19].

يعد نبات الدفلة من شجيرات الزينة وتعود الى العائلة الدفلية **Apocynaceae**، وهي دائمة الخضرة يصل ارتفاعها من **2** الى **4** أمتار وموطنها الأصلي هو حوض البحر الأبيض المتوسط، عموماً تنمو في المناطق الدافئة ولها القدرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة، وجد أن نبات الدفلة لديه القدرة على جمع العناصر الثقيلة على سطح الورقة بشكل رئيس من مصادر هوائية وكذلك عن طريق الجذور [1]، يعد عنصر الكبريت عنصرا هاما في تغذية النبات ويوجد في القشرة الارضية بنسبة **0.11%** ويختلف تركيز الكبريت في النبات باختلاف نوع النبات ومرحلة نموه، وتتضح أهمية الكبريت من خلال انتشاره على نطاق واسع في مركبات طبيعية عضوية وغير عضوية، ويدخل الكبريت في تركيب البروتوبلازم عن طريق الرابطة الثنائية، وتكوين مجموعة **SH** التي تزيد من مقاومة النبات للبرودة، المواد الدبالية هي أحماض عضوية عطرية طبيعية ذات وزن جزيئي مرتفع توجد في التربة والرواسب والمياه وتأتي من تحلل المخلفات الحيوانية والنباتية بشكل رئيسي [10،24]. تستخدم المواد الدبالية في الزراعة لتحسين نمو النبات وتسهيل امتصاص المغذيات وخفض الأس الهيدروجيني وتحسين قدرة التربة على التبادل الكاتيوني [7].

وتهدف الدراسة إلى ما يأتي:

1–تقويم كفاءة نبات الدفلة وقدرته على النمو في البيئة الملوثة وإمكاناتها في المعالجة النباتية من خلال تقدير كمية العناصر الثقيلة (الرصاص) التي يتم امتصاصها ومراكمتها داخل جسم النبات.

2–تنظيف التربة الملوثة من العناصر الثقيلة بتقنية المعالجة النباتية **Phytoremediation** غير المكلفة بالمقارنة من الآليات الأخرى.

3–تقويم عمل المعاملات (الكبريت، الهيوميك) في مساعدة نبات الدفلة على امتصاص العناصر ومراكمتها.

المواد وطرائق البحث

عوامل الدراسة

العامل الأول–الكبريت الزراعي:

عوملت الوحدات التجريبية بالكبريت بتاريخ **2022/2/1** أي قبل شهر من بدء زراعة الشتلات للسماح للكبريت في البدء بالأكسدة في التربة وبالمستويات التالية:

1–بدون إضافة (المقارنة) ورمز له S_0.

2–إضافة **5** غم. سندانة$^{-1}$ ورمز له S_1.

3–إضافة **10** غم. سندانة$^{-1}$ ورمز له S_2.

العامل الثاني– حامض الهيوميك:

عوملت الوحدات التجريبية بالهيوميك بتاريخ 2022/5/1 وبواقع دفعتين والفارق بين كل دفعة واخرى أسبوعين.

1– بدون إضافة (المقارنة) ورمز له H_0.

2–إضافة 5 مل. سندانة$^{-1}$ ورمز له H_1.

3–إضافة 10 مل. سندانة$^{-1}$ ورمز له H_2.

جمع العينات

أجريت التجربة في الظلة الخشبية التابعة لمحطة البحوث والتجارب الزراعية – كلية الزراعة – جامعة كركوك، للمدة من 2022/3/1 إلى 2023/3/1 لدراسة تأثير الكبريت والهيوميك في المعالجة النباتية لتربة ملوثة مزروع بنبات الدفلة، واستخدام الكبريت (0، 5، 10) غم.سندانة$^{-1}$ وحامض الهيوميك (0، 5، 10) مل .سندانة$^{-1}$، زرعت الشتلات في أصص بقطر 29 سم وارتفاع 30 سم وسعة 16 كيلوجرام. تم أخذ التربة المستخدمة في التجربة من حقل زراعي في المنطقة الواقعة بين ناحية يايجي ووادي النفط في محافظة كركوك، استخدام 270 سندانه وبثلاثة مكررات. تم تصميم التجربة باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D) تم تنظيف النباتات وتجفيفها وأخذت عينات للتحليل الكيميائي. تم جمع البيانات وتحليلها باستخدام البرنامج الإحصائي (SAS) وفقاً لاختبار دنكن متعدد الحدود بمستوى احتمالية 5٪.

مقاييس كفاءة النبات في استخلاص العناصر الثقيلة:

–تركيز العناصر الثقيلة في المجموع الخضري والجذري: يوزن 1غم من النبات الجاف (المجموع الخضري والجذري) ويوضع في أنبوب الهضم ويضاف اليه 20 مل من حامض النتريك المركز، يسخن المزيج تدريجياً وبهدوء حتى تبدأ الابخرة الملونة بالظهور ثم يستمر التسخين حتى انتهاء الابخرة، يبرد المزيج ثم يضاف 5 مل من حامض البيروكلوريك، بعد ذلك يضاف 25 مل ماء مقطر ويرشح المزيج ويكمل الراشح الى 50 مل بالماء المقطر، بعد ذلك قدرت العناصر الثقيلة بجهاز AtomicAbsorption Spectrophotometer [20].

–معامل الانتقال Translocation Factor(TF): ويتم حساب قيمه بقسمة تركيز العناصر الثقيلة في المجموع الخضري على تركيز العناصر الثقيلة في المجموع الجذري [23].

$$TF = HM_S / HM_R$$

إذ أن: HM_S = تركيز العناصر الثقيلة في المجموع الخضري.

HM_R = تركيز العناصر الثقيلة في المجموع الجذري.

–معامل التراكم الحيوي Bioaccumulation Factor(BAF): ويتم حساب قيمه بقسمة تركيز العناصر الثقيلة في المجموع الخضري والجذور على تركيز العناصر الثقيلة في التربة [15].

$$BAF = HM\ plant / HM\ Soil$$

إذ أن: HM plant = تركيز العناصر الثقيلة في المجموع الخضري والجذور.

HM Soil = تركيز العناصر الثقيلة في التربة.

–دليل التركيز (CI): ويتم حساب قيمة بقسمة تركيز العناصر الثقيلة في النبات على تركيز العناصر الثقيلة في نبات المقارنة [15].

$$CI = HM\ Plant / HM\ Control$$

إذ أن: HM Plant= تركيز العناصر الثقيلة في النبات.

HM Control= تركيز العناصر الثقيلة في نبات المقارنة.

النتائج والمناقشة

مقاييس كفاءة النبات في استخلاص العناصر الثقيلة

1-تركيز عنصر الرصاص Pb (ملغم. كغم $^{-1}$) في المجموع الخضري لنبات الدفلة

تبين النتائج في جدول 1 وجود فروق معنوية بين المعاملات في تركيز عنصر الرصاص في المجموع الخضري، اذ تفوق معنوياً التركيز 10غم.سندانة$^{-1}$ من الكبريت الزراعي على باقي التراكيز وبلغ تركيز الرصاص في المجموع الخضري 63.70 ملغم. كغم$^{-1}$ في حين بلغ في معاملة المقارنة 58.78 ملغم. كغم$^{-1}$، قد يعزى السبب الى عمل الكبريت في زيادة مقاومة النبات للضغوط الحيوية وغير الحيوية وتعرض النباتات إلى المعادن السامة المفرطة مثل الرصاص والكادميوم عن طريق تسهيل نقلها وامتصاصها الى داخل النبات والتقليل من ضررها [13]. وبينت النتائج تفوق التركيز 10 مل.سندانة$^{-1}$ من الهيوميك معنوياً على باقي التراكيز في تركيز عنصر الرصاص داخل المجموع الخضري وبلغ 63.53 ملغم. كغم$^{-1}$ وبلغ في معاملة المقارنة 59.25 ملغم. كغم$^{-1}$، قد يعزى السبب الى ان الاحماض الدبالية تحتوي على مجموعتين وظيفيتين هما المجموعة الحامضية carboxyl والمجموعة الفينولية phenolic OH اللتان ترتبطان مع عناصر أخرى في التربة[14]، وبالتالي توفر الجزيئات العضوية الكبيرة عملاً مهماً في النقل والتوفر البايولوجي وقابلية ذوبان المعادن الثقيلة[16]. وتشير نتائج التداخل الثنائي للكبريت والهيوميك في تركيز الرصاص في المجموع الخضري تفوق التركيز 5 غم. سندانة$^{-1}$ كبريت مع التركيز 10 مل. سندانة$^{-1}$ هيوميك بلغ 65.90 ملغم. كغم $^{-1}$ في حين بلغ في معاملة المقارنة 57.40 ملغم. كغم $^{-1}$.

جدول1: تركيز عنصر الرصاص Pb (ملغم. كغم $^{-1}$) في المجموع الخضري

تأثير الكبريت	الهيوميك(مل)			
	10	5	0	الكبريت(غم)
58.78 c	59.45 h	59.50 g	57.40 i	0
62.55 b	65.90 a	62.90 d	60.05 f	5
63.70 a	65.12 b	64.35 c	60.30 e	10
	63.53 a	62.25 b	59.25 c	تأثير الهيوميك

2-تركيز عنصر الرصاص Pb (ملغم .كغم $^{-1}$) في المجموع الجذري

أظهرت النتائج في جدول 2 وجود فروق معنوية بين المعاملات في تركيز الرصاص في المجموع الجذري، اذ تفوقت معنوياً المعاملة بالكبريت الزراعي وبتركيز 10غم.سندانة$^{-1}$ على باقي التراكيز بلغ 24.83 ملغم.كغم$^{-1}$ وبلغ في معاملة المقارنة 22.95 ملغم.كغم$^{-1}$، تتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه Cui and et al. [8] في تجربة أجريت لتعزيز امتصاص ونقل عنصري الرصاص Pb والزنك Zn باستخدام الكبريت الزراعي، قد يعزى السبب في ذلك الى إن زيادة قابلية ذوبان المعدن مع انخفاض الرقم الهيدروجيني أمر يتفق مع النتائج التي توصل إليها العديد من الباحثين التي تفيد بأن درجة الحموضة في التربة هو المفتاح الذي يتحكم في قابلية ذوبان العناصر الثقيلة في التربة [4]. بينت النتائج وجود فروق معنوية في المعاملة بالهيوميك في تركيز الرصاص في المجموع الجذري اذ تفوق معنوياً التركيز 10 مل.سندانة$^{-1}$ على باقي التراكيز بلغ 24.69 ملغم.كغم$^{-1}$، في حين بلغ في معاملة المقارنة 22.81 ملغم.كغم$^{-1}$، يمكن ان يعزى السبب الى ان المعادن بصورة خاصة يمكن ان يؤثر في زيادة او نقصان توفرها البيئي بواسطة مواد دباليه خارجية المنشأ (الهيوميك)، درجة الحموضة، و صفات التربة [26]. وتشير نتائج التداخل الثنائي للكبريت والهيوميك في تركيز الرصاص في المجموع الجذري تفوق التركيز 10 غم. سندانة$^{-1}$ كبريت مع التركيز 10 مل. سندانة$^{-1}$ هيوميك بلغ 25.36 ملغم. كغم $^{-1}$ في حين بلغ في معاملة المقارنة 21.25 ملغم. كغم $^{-1}$.

جدول 2: تركيز عنصر الرصاص Pb (ملغم .كغم $^{-1}$) في المجموع الجذري

	الهيوميك(مل)			تأثير الكبريت
الكبريت(غم)	0	5	10	
0	21.25 h	23.75 f	23.85 e	22.95 c
5	23.51 g	24.50 d	24.94 c	24.19 b
10	23.68 f	25.15 b	25.36 a	24.83 a
تأثير الهيوميك	22.81 c	24.46 b	24.69 a	

3–دليل معامل الانتقال (TF) لعنصر الرصاص (Pb)

أظهرت النتائج في جدول 3 بأن TF لتراكيز الكبريت كافة (>1) الامر الذي يدل على ان نبات الدفلة لديه قدرة على نقل وتجميع الرصاص في المجموع الخضري، واتضح وجود فروق معنوية في المعاملة بالكبريت الزراعي وتأثيره في دليل معامل الانتقال (TF)، اذ تفوق التركيز 5 غم.سندانة$^{-1}$ كبريت على باقي التراكيز بلغ 2.58 >1 بينما بلغ عند التركيز 10 غم.سندانة$^{-1}$ 2.56 >1، يمكن ان يعزى السبب الى ان قيم TF هي من المفاتيح الأساس لتقويم قدرة النبات على فرط تراكم العناصر وتحديد مدى توفرها في البيئة وإمكان النبات على المعالجة النباتية [9]، وأشارت النتائج الى ان قيم TF وكافة تراكيز الهيوميك (>1) مع وجود فروق معنوية للمعاملة بالهيوميك في دليل معامل الانتقال (TF) وتفوقت معاملة المقارنة على باقي التراكيز وبلغت 2.60>1، اتفقت هذه النتائج مع ما توصل اليه Park and al. et [21] في تجربة لمعرفة تأثير الهيوميك على امتصاص العناصر الثقيلة للتربة الملوثة بالهيدروكربونات النفطية. وتشير نتائج التداخل الثنائي للكبريت والهيوميك في دليل معامل الانتقال (TF) تفوق معاملة المقارنة على باقي التداخلات بلغت 2.71.

جدول 3: دليل معامل الانتقال (TF) لعنصر الرصاص (Pb)

	الهيوميك(مل)			تأثير الكبريت
الكبريت(غم)	0	5	10	
0	2.71 a	2.50 f	2.49 g	2.57 b
5	2.55 de	2.56 c	2.64 b	2.58 a
10	2.54 e	2.55 d	2.56 cd	2.56 c
تأثير الهيوميك	2.60 a	2.57 b	2.54 c	

4–دليل معامل التراكم الحيوي (BAF) لعنصر الرصاص (Pb)

بينت النتائج في جدول 4 وجود فروق معنوية بين المعاملات لمعامل التراكم الحيوي BAF لعنصر الرصاص، إذ تفوق التركيز 10غم.سندانة$^{-1}$ من الكبريت الزراعي وبلغ 3.87 بينما بلغ في معاملة المقارنة 3.02، يمكن ان يعزى السبب الى انخفاض درجة الاس الهيدروجيني pH الذي يزيد قدرة النبات على امتصاص ونقل العناصر الثقيلة والمغذيات الضرورية من وسط الزراعة الذي يعبر عنه بدليل معامل التراكم الحيوي BAF [25]، وتبين النتائج وجود فروق معنوية لأضافه الهيوميك في معامل التراكم الحيوي BAF للرصاص، اذ تفوق التركيز 10 مل.سندانة$^{-1}$ هيوميك بلغ 3.83 بينما بلغ في معاملة المقارنة 3.04. يمكن ان يعزى السبب الى ان أوراق نبات الدفلة التي لها القدرة على تجميع وتراكم العناصر الثقيلة نظراً الى الطبيعة الفسلجية لنبات الدفلة ودرجة تحمله لإجهاد العناصر الثقيلة، فضلاً عن الصفات التشريحية للورقة الذي قد يساعد إلى حد ما باحتواء العناصر الثقيلة التي أسهم الكبريت والهيوميك بامتصاصها، وتشير نتائج التداخل الثنائي للكبريت والهيوميك في دليل معامل التراكم الحيوي (BAF) تفوق التركيز 10 غم. سندانة$^{-1}$ كبريت مع التركيز 10 مل. سندانة$^{-1}$ هيوميك بلغ 4.18 في حين بلغ في معاملة المقارنة 2.67.

جدول 4: دليل معامل التراكم الحيوي (BAF) لعنصر الرصاص (Pb)

الكبريت(غم)	الهيوميك(مل)			تأثير الكبريت
	0	5	10	
0	2.67 g	3.18 f	3.21 ef	3.02 c
5	3.21 e	3.72 d	4.12 b	3.62 b
10	3.23 e	4.02 c	4.18 a	3.87 a
تأثير الهيوميك	3.04 c	3.64 b	3.83 a	

5-دليل التركيز(CI) لعنصر الرصاص(Pb)

بينت النتائج المذكورة في جدول 5 وجود فروق معنوية بين المعاملات لدليل التركيزCI لعنصر الرصاص، اذ تفوق التركيز 10غم.سندانة$^{-1}$ من الكبريت الزراعي وبلغ 1.18، بينما بلغ دليل التركيز في معاملة المقارنة 1.09. يمكن ان يعزى السبب الى ان الكبريت يزيد من حركة المعادن من الجذور إلى البراعم التي من المحتمل أن تحدث عبر نسيج الخشب الى البراعم وأن تكون مدفوعاً بالنتح من الأوراق ودليل التركيز(CI) لعنصر الرصاص يشير إلى تراكم هذه المعادن في النبات[3]، وتبين النتائج وجود فروق معنوية لأضافه الهيوميك في دليل التركيزCI لعنصر الرصاص، اذ تفوق التركيز 10 مل.سندانة$^{-1}$ هيوميك بلغ 1.18، بينما بلغ في معاملة المقارنة 1.10. يمكن ان يعزى السبب الى ان دليل التركيز CI يعتمد على تركيز العناصر الثقيلة في النبات المجهد ونبات المقارنة، وعليه فأن درجة ذوبان وحركية وتراكم العناصر الثقيلة الواصلة إلى التربة تعتمد على عوامل عديدة أهمها كميتها في التربة، pH التربة، كمية المادة العضوية ونشاط الأحياء المجهرية في التربة، قوام التربة وسعة التبادل الكاتيوني [18]، وتشير نتائج التداخل الثنائي للكبريت والهيوميك في دليل التركيز(CI) تفوق التركيز بين 5 و 10 غم. سندانة$^{-1}$ كبريت مع التركيز 10 مل. سندانة$^{-1}$ هيوميك بلغ 1.21 في حين بلغ في معاملة المقارنة 1.05.

جدول 5: دليل التركيز(CI) لعنصر الرصاص(Pb)

الكبريت(غم)	الهيوميك(مل)			تأثير الكبريت
	0	5	10	
0	1.05 f	1.11 e	1.11 e	1.09 c
5	1.12 d	1.17 c	1.21 a	1.16 b
10	1.12 d	1.20 b	1.21 a	1.18 a
تأثير الهيوميك	1.10 c	1.16 b	1.18 a	

الاستنتاجات

1-بالإمكان زراعة نبات الدفلة في البيئة الملوثة واستعمالها في تقنية المعالجة النباتية Phytoremediation لقدرتها على تخليص البيئة من العناصر الثقيلة.

2-أثرت المعاملة في الكبريت الزراعي والهيوميك بشكل معنوي، اذ ساهم ذلك في مساعدة نبات الدفلة على امتصاص تراكيز جيدة من الرصاص ومراكمتها وتنظيف التربة الملوثة بالعناصر الثقيلة.

3-كان للتداخل بين عوامل الدراسة الأثر المعنوي الإيجابي في تحسين قدرة نبات الدفلة على امتصاص ومراكمة الرصاص داخل انسجة النبات، وأفضل توليفة حصل عليها هي عند إضافة تركيز 10 غم. سندانة$^{-1}$ من الكبريت الزراعي وتركيز 10 مل. سندانة$^{-1}$ من الكبريت.

REFERENCES

1– **Aksoy, A.; M. A. Öztürk (1997). Nerium oleander L. as a biomonitor of lead and other heavy metal pollution in Mediterranean environments. Science of the Total Environment, 205(2-3):145-150**

2– **Al-Farraj AS and Al-Wabel ML. (2007). Heavy metals accumulation of some plant species grown on mining area at Mahad AD Dahab, Saudi Arabia. J Appl Sci. 7(8):1170–1175.**

3– **Bauddh, K.; R. P. Singh (2015). Assessment of metal uptake capacity of castor bean and mustard for phytoremediation of nickel from contaminated soil. Bioremediation Journal, 19(2):124-138.**

4– **Brümmer, G.; K. G. Tiller; U. Herms and Clayton, P. M. (1983). Adsorption-desorption and/or precipitation-dissolution processes of zinc in soils. Geoderma 31:337–354.**

5– **Burns, R. G.; S. Rogers and I. McGhee (1996). In Contaminants and the Soil Environment in the Australia Pacific Region. (ed. Naidu, R., Kookana, R. S., Oliver, D. P., Rogers S. and McLaughlin M. J.), – Kluwer Academic Publishers, London. pp. 361-410.**

6– **Chandra, R.; K. Hoduck (2018). Phytoremediation and Physiological Effects of Mixed Heavy Metals on Poplar Hybrids. Heavy Metals, 183.**

7– **Clemente R; M. P. Bernal (2006). Fractionation of heavy metals and distribution of organic carbon in two contaminated soils amended with humic acids. Chemosphere 64:1264–1273.**

8– **Cui, Y.; Y. Dong; Li H.; Q. Wang (2004b). Effect of elemental sulphur on solubility of soil heavy metals and their uptake by maize. Environment International, 30(3):323-328.**

9– **Eapen S.; SF. D'Souza (2005). Prospects of genetic engineering of plants for phytoremediation of toxic metals. Biotechnol Adv 23(2):97–114**

10– **Evangelou MWH; H. Daghan; A. Schaeffer (2004). The influence of humic acids on the phytoextraction of cadmium from soil. Chemosphere 57:207–213**

11– **Garbisu, C., I. Alkorta, (2003). Basic concepts on heavy metal soil bioremediation. European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection,3(1):58–66**

12– **Ghosh, M.; S. P. Singh (2005). A Review On Phytoremediation Of Heavy Metals and Utilization Of Its Byproducts. Applied Ecology and Environmental Research, 3(1):1-18.**

13– **Hell, R. (1997). Molecular physiology of plant sulfur metabolism. Planta, 202(2):138-148.**

14– **Hofrichter M. A. Steinbuchel (2001). Biopolymers. Lignin, humic substances and coal, Vol. 1, Wiley Europe-VCH,Weinheim, New York**

15– **Kabata –Pendias, A.; H. Pendias (2001). Trace Elements in Soils and Plants . Boca Raton London New York Washington,D.C., 403.**

16– **Lagier T.; G. Feuillade-Cathalifaud; G. Matejka (2000). Interactions between copper and organic macromolecules: determination of conditional complexation constants. Agronomie, 20(5):537-546.**

17- **Landrigan P. J.; R. Fuller; N. J. R. Acosta; O. Adeyi; R. Arnold; N. Basu (2017). The Lancet Commission on pollution and health. Lancet 391 (10119), 462−512. Available from: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0.**

18- **Liu A.; R. D. Gonzalez (1999). Adsorption/desorption in a system consisting of humic acid, heavy metals, and clay minerals. Journal of colloid and interface science, 218(1): 225-232.**

19- **McCutcheon S. C.; J. L. Schnoor (2003). Overview of phytotransformation and control of wastes. Phytoremediation: Transformation and control of contaminants, 1-58.**

20- **MOOPAM. (1999). Regional Organization for the Protection of the Marine Environment. Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analyses Methods Regional Organization for the Protection of the Marine Environment.**

21- **Park S.; K. S. Kim; D. Kang; H. Yoon; K. Sung (2013). Effects of humic acid on heavy metal uptake by herbaceous plants in soils simultaneously contaminated by petroleum hydrocarbons. Environmental Earth Sciences, 68:2375-2384.**

22- **Shah, K.; J. M. Nongkynrih (2007). Metal hyperaccumulation and bioremediation. Biologia plantarum, 51, 618-634.**

23- **Sun Y.; Q. Zhou; C. Diao (2008). Effects of Cadmium and Arsenic on Growth and Metal Accumulation of Cd-hyperaccumulator Solanum nigrum L. Bioresource Technology, 99:1103-1110.**

24- **Tipping E. (2002). Cation binding by humic substances. Cambridge University Press, Cambridge.**

25- **Verma, R.; S. Suthar (2015). Lead and cadmium removal from water using duckweed–Lemna gibba L.: Impact of pH and initial metal load. Alexandria -Engineering Journal, 54(4):1297-1304.**

26- **Wiszniewska, A.; E. Hanus-Fajerska; E. Muszyńska; K. Ciarkowska (2016). Natural organic amendments for improved phytoremediation of polluted soils: a review of recent progress. Pedosphere, 26(1):1-12.**

ISSN: 2790-5306 (Print), 2790-5314 (Online)
IRAQI JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH - Ministry of Agriculture
Available online at: www.ijarmoa.gov.iq
VOL. 28 NO. (1) 2024
IJAR
IRAQI JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH

RESPONSE OF NERIUM OLEANDER TO ABSORB HEAVY METALS FROM CONTAMINATED SOIL WITH DIFFERENT LEVELS OF SULFUR AND HUMIC*

M. K. Mustafa[1] **A. F. Khudair[1]**

E-mail: muhand.k.mustafa@st.tu.edu.iq

©2024 Office of Agricultural Research, Ministry of Agriculture. This is an-open access article under the CC by Licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

ABSTRACT

The research was carried out in the lath house wood canopy which belong to Agricultural Research and Experiment Station - College of Agriculture / University of Kirkuk from 1/3/2022 to 1/3/2023, to evaluat the ability of the oleander plant in the phytoremediation of heavy metals resulting from environmental pollutants that accompany the extraction and transportation processes. And refining and burning of oil companies, in addition to the exhaust gases of cars and private factories. The experiment was designed according to the randomized complete block design (R.C.B.D) with three replications. Two factors were used to enhance the ability of the oleander plant to absorb and accumulate heavy metals. The first is agricultural sulfur in three concentrations (0, 5, 10) g. pot^{-1},The second is humic in three concentrations (0,5,10) ml.pot^{-1} addition directly to the soil. The results of plant efficiency measures in extracting heavy metals showed an increase in the concentration of lead and cadmium in the shoot and root system with an increase in the concentrations of sulfur and humic. The values of the Translocation Factor (TF) and the Bioaccumulation Factor (BAF) also increased and were all values greater than one and for all concentrations of coefficients.

Keywords: Phytoremediation, Lead , sulfur, Humic acid, *Nerium oleander*.

*** A part of Ph.D. dissertation to the first Author.**

[1] Department of Horticulture and Landscape Design, College of Agriculture, University of Tikrit -Iraq.

Received:August 24, 2023
Accepted: October 1, 2023
Available online: July 25, 2024