ISSN: (3007-0384)
E-ISSN: (3007-0392)
مجلة وهج العلوم للعلوم الصرفة
المجلة متاحة على الرابط
https://uomosul.edu.iq/womeneducation/jwups/

Ghazi Faisal Wasmi[a*]
Hussein Saber Mohammed Ali Al-Rashedy[b]
[a,b] College of Education for Pure Science, University of Mosul, Mosul, Iraq
***Corresponding author e-mail:**
ghazi.21esp45@student.uomosul.edu.iq

***Keywords*:**
Heavy Metals;
Pollution;
Carthamus tinctorius;
Silybum marianum .

ARTICLE INFO
Article history:
Received 2025/3/5
Accepted 2025/4/24
Available online: 2025/6/1
Email: jwups@uomosul.edu.iq

Cadmium and its effect on the growth and concentration of chlorophyll and some nutrients in plants (*Carthamus tinctorius*) and (*Silybum marianum*)

A B S T R A C T

University of Mosul/College of Education for Pure Sciences / Department of Biology for the agricultural season 2023-2024 For five months to study the effect of cadmium ($CdCl_2$) element at concentrations (3, 5, 7, 9) mg/kg soil on *Carthamus tinctorius* (safflower) and *Silybum marianum* (Silybum).

The results showed that treating the soil with cadmium at the above concentrations led to a significant increase in the concentration of cadmium in both the soil and the vegetative and root parts of safflower and Silybum plants, specifically when treated with cadmium at the fourth concentration (9) mg/kg soil, as it reached (1.823 , 0.975), (1.468 , 1.507) and (1.414 , 1.766) mg/kg soil, respectively.

While there was a significant decrease in the content of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, and carotene, reaching (1.179, 0.505), (0.692, 0.332), (1.524, 0.688), and (0.661, 0.377) mg/g wet weight, respectively. It was also noted that there was a significant decrease in calcium concentration. Ca and Mg For the vegetative and root groups of safflower and Silybum plants, they reached (0.867, 1.433) and (1.637, 1.073) (3.333, 4.467) and (1.657, 1.100) mg/g, respectively, when treated with cadmium at a concentration of (9) mg/kg soil compared to the control treatment..

© 2025JWUPS, College of Education for Women, University of Mosul.

Journal of Wahj Al-Ulom for Pure Sciences Journal of Wahj Al-Ulom for Pure Sciences

الكادميوم وتأثيره في نمو وتركيز الكلوروفيل وبعض العناصر الغذائية في نباتي العصفر *Carthamus tinctorius* والكلغان *Silybum marianum*

غازي فيصل وسمي[1]* حسين صابر محمد علي الرشيد[2]
[1،2] كلية التربية للعلوم الصرفة ، جامعة الموصل ، الموصل ، العراق

الخلاصة

اجريت الدراسة الحالية في جامعة الموصل / كلية التربية للعلوم الصرفة / قسم علوم الحياة للموسم الزراعي 2023 – 2024 ولمدة خمسة اشهر لدراسة تأثير عنصر الكادميوم على هيئة ($CdCl_2$) وبالتراكيز (3 , 5 , 7 , 9) ملغم/ كغم تربة على نباتي العصفر (*Carthamus tinctorius*) والكلغان (*Silybum marianum*).

اوضـــحت النتائج ان معاملة التربة بالكادميوم وعند التراكيز اعلاه ادى الى حصـــول زيادة معنوية بتركيز الكادميوم في كل من التربة والاجزاء الخضـــرية والجذرية لنباتي العصـــفر والكلغان وتحديداً عند المعاملة بالكادميوم عند التركيز الرابع (9) ملغم/ كغم تربة اذ بلغت (1.823 , 0.975) ملغم/كغم تربة و (1.468 , 1.507) ملغم /كغم تربة و (1.414 , 1.766) ملغم/ كغم على التوالي، في حين حصـــل انخفاض معنوي بمحتوى كلوروفيل a وكلوروفيل b والكلوروفيل الكلي والكاروتين وبلغت (1.179 , 0.505) و (0.692 , 0.332) و (1.524 , 0.688) و (0.661 , 0.377) ملغم/غم وزن رطب على التوالي كما لوحظ حصول انخفاض معنوي بتركيز الكالسيوم Ca والمغنيسيوم Mg للمجموعتين الخضرية والجذرية لنباتي العصـفر والكلغان وبلغت (0.867 , 1.433) و (1.637 , 1.073) (3.333 , 4.467) و (1.657 , 1.100) ملغم / غم على التوالي عند المعاملة بالكادميوم عند التركيز (9) ملغم / كغم تربة مقارنة بمعاملة المقارنة .

الكلمات المفتاحية : العناصر الثقيلة , التلوث , العصفر , الكلغان

1-المقدمة:

تعتبر التربة من الثروات الطبيعية التي أنعم الله سبحانه وتعالى بها على الانسان وعلى جميع الكائنات الحية لانها تعتبر مصدرا مباشر و غير مباشر للغذاء و هي الركيزة الاساسية التي تعتمد عليها الزراعة فعندما تكون التربة فقيرة تكون الزراعة فقيرة [1], وهي مكان نمو النبات اذ يأخذ النبات من التربة كل احتياجاته الغذائية والمائية فلخواص التربة الطبيعية دورا مهماً في تغذية النبات وهي القاعدة الاساسية للسلسلة الغذائية التي تبدأ منها الحياة و تنتهي اليها [2] . لذلك تحتل دراسة التربة أهمية كبيرة لدى المهتمين بهذا الفرع من فروع العلم والمعرفة لانها من اهم الموارد الطبيعية والتي لا يمكن ان نستغني عنها اذ تعد التربة من المصادر غير قابل للنفاذ بالاستثمار المستمر لذلك تختلف عن بقية الموارد الطبيعية بشرط ان نتعامل معها على اسس علمية سليمة [3].

يجب التعرف على التربة وكيفية الحفاظ عليها من جميع العوامل التي تؤثر على عدم توازنها وضعف انتاجها فتلوث التربة هو التدمير الذي يصيبها بسبب تغير الصفات الطبيعية لعناصر البيئة الرئيسية [4]. وإن تلوث التربة الزراعية يعتبر من المشاكل الخطيرة التي تودي بحياة من يتعرض لها ، فأذا تلوثت الاراضي الزراعية بالمبيدات والاسمدة الكيميائية فستنتقل هذه الملوثات الى السلسلة الغذائية وبالتالي يمكن ان تنقل الامراض الى الانسان [5] .

مع ازدهار التطور زادت المشاكل البيئية [6] حيث النشاطات البشرية في المجالات الحياتية المتعددة تعمل على الحاق الضرر بالبيئة عموما وبالتربة خاصة نتيجة التلوث ومن اشد انواع التلوث هو

التلوث بالمعادن الثقيلة والذي يسمى القاتل الصامت بسبب سوء استخدامها في مجالي الصناعة والزراعة وغيرها من الانشطة التي ينتج عنها العناصر الثقيلة والتي تسبب الضرر بالبيئة نتيجة للتطور الصناعي والتمدن[7].

عنصر الكادميوم (Cd) معدن ثقيل يتواجد بشكل طبيعي وبتراكيز صغيرة في الهواء والماء والتربة [8]. كما انه شائع في الغلاف الحيوي على الرغم من ان الكادميوم عنصر غير اساسي للنبات الا انها غير قادرة منع امتصاصه لأنه ينتقل من خلال ناقلات المعادن الاساسية [10,9]. بالمقارنة مع طرق المعالجة الفيزيائية والكيميائية فان المعالجة بالنباتات توفر مزايا مثل الكفاءة العالية والفعالية من حيث التكلفة والسلامة والتوافق البيئي [11]. وان اغلب النباتات المستخدمة في التراكم المفرط هي عبارة عن نباتات عشبية [12] .

لذا كان الهدف من الدراسة هو استخدام بعض النباتات لدراسة تأثير هذا العنصر عليها من جهة وبيان قدرة هذه النباتات على تنظيف التربة من هذه العناصر من جهة اخرى.

2- المواد وطرائق العمل

نفذت التجربة في البيت الزجاجي التابع لقسم علوم الحياة / كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة الموصل - العراق ، للفترة من 21 تشرين الثاني 2022 ولغاية 15 نيسان 2023 ، لدراسة تأثير اربعة تراكيز من عنصر الكادميوم (3 , 5 , 7 , 9) ملغم /كغم تربة على نباتي العصفر العصفر *Carthamus tinctorius*) والكلغان (*Silybum marianum*) ونفذت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة RCBD وبثلاث مكررات في اصص سعة 7 كغم واستخدمت ترب مزيجية و زرع النباتين بواقع 15 اصيص لكل نبات واضيف الكادميوم على شكل كلوريد الكادميوم $CdCl_2$ وبالتراكيز أعلاه إضافة الى معاملة المقارنة .

الصفات المدروسة :

2-1- تقدير تركيز الكادميوم في الأجزاء الخضرية والجذرية لنباتي العصفر والكلغان وعينات التربة :

تم تقدير العناصر الثقيلة في المجموعة الخضرية والجذرية للنباتين ؛ حيث أُخِذَتْ العينات النباتية المجففة وطُحِنَتْ ، ثم أخذ (0.5)غم من كل عينة وهضمت بطريقة الهضم الرطب [13] وتم تقدير الكادميوم Cd بواسطة جهاز الامتصاص الذري فضلا عن تقديرها في عينات التربة وبنفس الطريقة المذكورة أعلاه .

2-2- تقدير محتوى الكلوروفيل والكاروتين في الأوراق النباتية:

قُدِرَ محتوى الكلوروفيل في الأوراق وفقاً لطريقة [14] ، اذ تم اخذ الأوراق النباتية من النباتين كلا على حدا ووضعت في أكياس خاصة ونُقلت إلى المختبر ، ومباشرةً تم أخذ (100) ملغم من كل ورقة

وسحقت باستعمال هاون خزفي بعد اضافة (10) مل من الأسيتون بتركيز (80)، وفصل الراشح عن الراسب باستخدام جهاز Centrifuge عند سرعة دوران 3000 دورة/دقيقة بطريقة الطرد المركزي ولمدة خمسة دقائق ، وأُخِذَتْ قراءة الامتصاصية للراشح على الأطوال الموجية (663 nm) و(645 nm) و(480 nm) بأستخدام جهاز المطياف الضوئي (Spectrophotometer) وتم استخدام المعادلات التالية لحساب كمية كلوروفيل a و b والكلوروفيل الكلي والكاروتين :

Chlorophyll a (mg/g) = (0.0127)*(A.663) – (0.00269)*(A.645)

Chlorophyll b (mg/g) = (0.0229)*(A.645) - (0.00468)*(A.663)

Carotenoid (mg/g) = A.480 + (0.114*A.663 – 0.638*A.645)

A663 = الامتصاصية عند الطول الموجي (663nm)

A645 = الامتصاصية عند الطول الموجي (645nm)

A480 = الامتصاصية عند الطول الموجي (480nm)

2-3- تقدير تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم في الاجزاء الخضرية والجذرية للنباتين :

تم تقدير العنصرين بعد اجراء عملية الهضم على العينات النباتية كما في تقديرالعناصر الثقيلة ثم تم قياس الكالسيوم والمغنيسيوم بالتسحيح مع الفيرسنت كما ورد في [15].

3- التحليل الأحصائي :

صممت التجارب وتم تحليل النتائج إحصائياً باستعمال التجربة العاملية وفق التصميم العشوائي Completely Randomized Design C.R.D. في التجارب العاملية, كما تمت مقارنة الاختلافات المعنوية في معدلات المعاملات وذلك باستعمال اختبار دنكن متعدد المدى (Duncan' s (New Multiple Test [16] .

4- النتائج والمناقشة

4-1- تركيز الكادميوم في التربة

أظهرت نتائج الجدول (1) أن تركيز الكادميوم في التربة تباين بين أقل قيمة في تربة المقارنة، حيث بلغت 0.309 ملغم/كغم تربة لنبات العصفر و0.248 ملغم/كغم تربة لنبات الكلغان، وأعلى قيمة في التربة المزروعة بنبات العصفر عند التركيز 9، حيث بلغت 1.823 ملغم/كغم تربة. اما كتأثير التركيز فقد وجد ان المعاملة بالتركيز (9) ملغم/كغم تربة سبب اعلى زيادة وبشكل معنوي بتركيز الكادميوم وبلغت (1.399) ملغم/كغم تربة . وكتأثير النوع النباتي فلوحظ حصول زيادة معنوية بتركيز الكادميوم في التربة المزروعة

فيها نبات العصفر اذ بلغ (1.048) ملغم/كغم تربة مقارنة بالتربة المزروعة فيها نبات الكلغان والتي بلغت (0.678) ملغم/كغم تربة.

جدول رقم (1) تركيز الكادميوم (ملغم / كغم) في التربة المزروعة بنباتي العصفر والكلغان

النوع النباتي	تركيز الكادميوم (ملغم / كغم تربة)					تأثير النوع النباتي
	مقارنة	3	5	7	9	
عصفر	0.309 g	0.776 e	1.088 c	1.243 b	1.823 a	1.048 a
كلغان	0.248 g	0.593 f	0.655 f	0.920 d	0.975 d	0.678 b
تأثير التركيز	0.278 e	0.685 d	0.871 c	1.082 b	1.399 a	

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

وقد يكون سبب زيادة تركيز الكادميوم في التربة المعاملة هو المعاملة للتربة بهذا العنصر لإظهار تأثيره على النباتات بسبب المعاملة اذ كلما زاد تركيز الاضافة زاد تركيز العنصر في التربة [17].

4-2- تركيز الكادميوم في الجزء الخضري

بين الجدول (2) ان معاملة التربة بالكادميوم وبالتراكيز (3 , 5 , 7 , 9) ملغم/كغم تربة ادى الى حصول زيادة معنوية بتركيز الكادميوم في الاجزاء الخضرية لنباتي العصفر والكلغان وظهر اعلى تركيز عند المعاملة بالكادميوم عند التركيز (9) ملغم/كغم تربة اذ بلغ (1.468 و1.507) ملغم/غم في نباتي العصفر والكلغان على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة .

اما كتأثير التركيز فلوحظ ان المعاملة بالتركيز الرابع (9) ملغم/كغم تربة ادى الى حصول زيادة معنوية بتركيز الكادميوم في الاجزاء الخضرية للنباتين وبلغت (1.488) ملغم/غم مقارنة بمعاملة المقارنة. اما كتأثير النوع النباتي فلوحظ حصول زيادة غير معنوية بتركيز الكادميوم في الاجزاء الخضرية لنبات الكلغان اذ بلغ (1.064) ملغم/كغم مقارنة بتركيزها في نبات العصفر والذي بلغ (1.033) ملغم/كغم.

جدول رقم (2) تركيز الكادميوم (ملغم /كغم) في الاجزاء الخضرية لنباتي العصفر والكلغان

النوع النباتي	تركيز الكادميوم (ملغم / كغم) تربة					تأثير النوع النباتي
	مقارنة	3	5	7	9	
عصفر	0.467 d	1.041 c	1.071 c	1.117 c	1.468 a	1.033 a
كلغان	0.433 d	1.029 c	1.086 c	1.266 b	1.507 a	1.064 a
تأثير التركيز	0.450 d	1.035 c	1.079 c	1.192 b	1.488 a	

ان ارتفاع تركيز الكادميوم في الاجزاء الخضرية لنباتي الكلغان والعصفر قد يعود الى زيادة تركيز العنصر الثقيل في التربة نتيجة معاملة التربة بهذا العنصر وهذا مما زاد تركيزه في النباتات المتواجدة و المزروعة في هذه الترب اضافة الى ان تركيز العنصر داخل النبات يعتمد بالدرجة الاساسية على التربة ونوع النبات [19,18].

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

4-3- تركيز الكادميوم في المجموع الجذري

لوحظ في الجدول (3) ان معاملة التربة بالكادميوم وبالتراكيز المذكورة انفاً سبب زيادة معنوية بتركيز الكادميوم في المجموع الجذري لنباتي العصفر والكلغان وظهر اعلى تركيز عند المعاملة بالكادميوم عند التركيز (9) ملغم/كغم تربة اذ بلغ (1.427 و1.766) ملغم/غم في نباتي العصفر والكلغان على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة . في حين لوحظ ان المعاملة بالتركيز الرابع (9) ملغم/كغم تربة ادى الى حصول زيادة معنوية بتركيز الكادميوم في المجموع الجذري للنباتين وبلغت (1.597) ملغم/كغم مقارنة بمعاملة المقارنة كتاثير العنصر. اما كتأثير النوع النباتي فلوحظ حصول زيادة معنوية بتركيز الكادميوم في المجموع الجذري لنبات الكلغان اذ بلغ (1.289) ملغم/كغم مقارنة بتركيزها في نبات العصفر الذي بلغ (0.972) .

وتتفق النتائج الحالية مع [20] في دراسته على تأثير العناصر الثقيلة على نمو وانبات نبات *Vigna radiate L.* اذ وجد أنَّ وجود العناصر الثقيلة في وسط النمو سبب زيادة معنوية بتركيزها في النباتات المزروعة في هذه الترب وانه كلما زاد تركيز العناصر في التربة زاد تركيزها في النبات . ويتفق ايضا مع ما ذكره [21] في أن تركيز العنصر الثقيل في المجموع الجذري لنبات الذرة اختلف حسب التراكيز المعاملة به التربة.

جدول (3) تركيز الكادميوم (ملغم /كغم) في الاجزاء الجذرية لنباتي العصفر والكلغان

النوع النباتي	تركيز الكادميوم (ملغم / كغم) تربة					تأثير النوع النباتي
	مقارنة	3	5	7	9	
عصفر	0.348 h	0.885 f	0.997 e	1.204 d	1.427 bc	0.972 b
كلغان	0.555 g	1.243 d	1.359 c	1.523 b	1.766 a	1.289 a
تأثير التركيز	0.452 e	1.064 d	1.178 c	1.363 b	1.597 a	

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

كما إن زيادة تركيز العناصر الثقيلة داخل الخلايا وخاصة الجذور قد تكون بسبب ارتباط العناصر بالجذر مما يسبب في تجمعها داخل الفجوات وتكوين مركبات خاصة مع البروتين والببتيدات [22]. وإن تأثير العنصر الثقيل وتراكمه في الأجزاء النباتية المختلفة تعتمد على نوع العنصر ومدة تعرض النبات لهذا العنصر [23]. كما تعتمد على نوعية التربة ودرجة المعاملة بالعنصر الثقيل [24].

4-4- كلوروفيل a

يوضح الجدول (4) ان معاملة التربة بالكادميوم وبالتراكيز (3 , 5 , 7 , 9) ملغم/كغم تربة ادى الى حصول انخفاض معنوي بمحتوى الكلوروفيل a في اوراق نباتي العصفر والكلغان وكانت المعاملة بالتركيز (9) ملغم /كغم تربة هو الاكثر تأثيرا اذ بلغت نسبة كلورفيل a في اوراق نباتي العصفر والكلغان (1.179 , 0.505) ملغم/ غم من وزن المادة الرطبة على التوالي .اما بالنسبة لتأثير التركيز فتبين من الجدول (4) ان التركيز الرابع كان هو الاكثر تأثيرا من خلال الانخفاض المعنوي الحاصل اذ بلغ (0.842)ملغم/غم من وزن المادة الرطبة مقارنة بباقي المعاملات. اما كتأثير النوع النباتي فنلاحظ ان نبات العصفر تفوق معنويا على نبات الكلغان من خلال الزيادة المعنوية بمحتوى كلوروفيل a للنبات اذ بلغ (1.358)ملغم/غم ان الانخفاض الحاصل في كلوروفيل a في الانسجة الورقية للنباتين قد يعود الى زيادة تركيز العناصر الثقيلة يؤدي الى انخفاض في محتوى الكلوروفيل [25] .

جدول (4) تأثير المعاملة بالكادميوم على كلوروفيل a(ملغم/غم من وزن المادة الرطبة)

لنباتي العصفر والكلغان

النوع النباتي	تركيز الكادميوم (ملغم / كغم) تربة					تأثير النوع النباتي
	مقارنة	3	5	7	9	
عصفر	1.591 a	1.504 a	1.297 b	1.218 b	1.179 b	1.358 a
كلغان	0.792 c	0.718 cd	0.717 cd	0.629 ed	0.505 e	0.673 b
تأثير التركيز	1.191 a	1.111 ab	1.007 bc	0.923 cd	0.842	

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

وهذا يتفق مع الدراسة التي اجراها [26] على نبات *Momordica cymbalaria* والتي اظهرت انخفاض في النمو وكذلك في محتوى الكلوروفيل عند اضافة الكادميوم حيث ان زيادة تركيز الكادميوم ادى الى تباطؤ النمو ومن ثم موت النبات مما يشير الى تأثير سمية الكادميوم عند التراكيز العالية وان الانخفاض الحاصل في محتوى الكلوروفيل قد يعود ايضا الى وجود العناصر الثقيلة في التربة والذي قد يثبط عملية التمثيل الضوئي من خلال تقليل امتصاص الماء ويقلل من انقسام الخلايا وذبول الاوراق [27]

.

4-5- كلوروفيل b

جدول (5) تأثير المعاملة بالكادميوم على كلوروفيل b(ملغم/غم من وزن المادة الرطبة) لنباتي العصفر والكلغان

النوع النباتي	تركيز الكادميوم (ملغم / كغم) تربة					تأثير النوع النباتي
	مقارنة	3	5	7	9	
عصفر	0.850 a	0.801 a	0.793 a	0.704 ab	0.692 ab	0.768 a
كلغان	0.691 ab	0.619 abc	0.402 bc	0.423 bc	0.332 c	0.493 b
تأثير التركيز	0.771 a	0.710 ab	0.597 ab	0.564 ab	0.512 b	

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

بينت نتائج الجدول (5) ان معاملة التربة بالكادميوم ادى الى حصول انخفاض لكنها لم تصل الى الحدود المعنوية في محتوى كلوروفيل b لنبات العصفر اذ بلغ (0.692)ملغم/ غم من وزن المادة الرطبة

اما نبات الكلغان فقد حصل انخفاض معنوي في محتوى كلوروفيل b اذ بلغ (0.332)ملغم/ غم من وزن المادة الرطبة مقارنة بمعاملة المقارنة . اما كتأثير التركيز فلوحظ ان المعاملة بالتركيز الرابع (9) ملغم/كغم تربة ادى الى حصول انخفاض معنوي في محتوى كلوروفيل b للنباتين وبلغت (0.512) ملغم/غم مقارنة بمعاملة المقارنة. ولوحظ ان نبات الكلغان حصل فيها انخفاض معنوي في محتوى كلوروفيل b اذ بلغ (0.493) ملغم/غم مقارنة مع نبات العصفر الذي بلغ(0.768) ملغم/غم من وزن المادة الرطبة كتاثير النوع النباتي .

وهذا يتفق مع الدراسة التي اجراها [28] على نبات القنب *Cannabis sativa L.* التي اظهرت انخفاض في محتوى الكلورفيل عند زراعتها في مناطق صناعية ملوثة بالعناصر الثقيلة مقارنة بالنباتات المزروعة في مناطق غير ملوثة . كما ثبت أن المستويات المرتفعة من العناصر الثقيلة تؤثر سلباً على البنية الدقيقة للبلاستيدات الخضراء، ونسب الكلوروفيل a و b والتخليق الحيوي للصبغات الضوئية، وتركيب الصبغة في أغشية الكرانا والستروما، وأنشطة الإنزيمات المحفزة والبروتينات غير المحفزة المرتبطة بمختلف العمليات الأيضية [29].

كذلك فإن الانخفاض الحاصل في محتوى الكلوروفيل قد يرجع إلى أن تعرض النباتات للتلوث بالعناصر الثقيلة يؤدي إلى تراكم (ROS) التي تؤثر سلباً على تركيب الأغشية الخلوية وتعطل عمليات النقل الخلوي عبر أغشية الخلايا مما يؤدي إلى تثبيط نمو النباتات وتقليل محتوى الكلوروفيل [30]. كما يمكن أن يُعزى سبب الانخفاض في محتوى كلوروفيل b للنباتين إلى التأثير السام للعناصر الثقيلة على الصبغات المسؤولة على البناء الضوئي مما يؤثر سلباً على محتوى الكلوروفيل [32,31].

4-5- الكلوروفيل الكلي

وضحت النتائج في الجدول رقم (6) ان معاملة التربة بالكادميوم وبالتراكيز (3 , 5 , 7 , 9) ملغم/كغم تربة ادى الى حصول انخفاض معنوي بمحتوى الكلوروفيل الكلي لنباتي العصفر والكلغان حيث انخفض محتوى الكلورفيل الكلي معنويا عند التركيز(9) ملغم /كغم تربة اذ بلغ محتوى الكلوروفيل الكلي في النباتين (1.524 و 0.688) ملغم/غم من وزن المادة الرطبة على التوالي.

كما ان المعاملة بالتركيز (9) ملغم /كغم تربة ادت الى حصول انخفاض معنوي بمحتوى الكلوروفيل الكلي في نباتي العصفر والكلغان حيث بلغ (1.106) ملغم/غم من وزن المادة الرطبة مقارنة بباقي التراكيز كتأثير تركيز العنصر, وايضا اظهر نبات الكلغان انخفاضا معنويا اذ بلغ (0.965) ملغم/ غم مقارنة بنبات العصفر الذي بلغ (1.727) ملغم/ غم من وزن المادة الرطبة. ان سبب انخفاض محتوى الكلوروفيل الكلي في الاوراق النباتية للنباتين قد يعود الى أن دورالمعادن الثقيلة التي تؤثر على البناء الضوئي للنباتات

عن طريق تقليل محتوى الكلوروفيل وامتصاص العناصر الضرورية للكلوروفيل مثل المغنيسيوم، والحديد ، مما يؤثر على تركيز ووظيفة البلاستيدات الخضراء [33]. وان المعادن الثقيلة يمكن أن تؤدي الى تلف غشاء البلاستيدات الخضراء وبالتالي التأثير على محتوى الكلورفيل [35,34] . وان المعاملة بتراكيز عالية من الكادميوم قد يؤدي إلى موت الأنسجة [36] ومن ضمنها الانسجة الورقية.

جدول (6) تأثير المعاملة بالكادميوم على الكلوروفيل الكلي (ملغم/غم من وزن المادة الرطبة) لنباتي العصفر والكلغان

النوع النباتي	تركيز الكادميوم (ملغم / كغم) تربة					تأثير النوع النباتي
	مقارنة	3	5	7	9	
عصفر	1.976 a	1.865 ab	1.707 abc	1.564 bc	1.524 cd	1.727 a
كلغان	1.243 de	1.119 ef	0.909 fg	0.865 fg	0.688 g	0.965 b
تأثير التركيز	1.609 a	1.492 ab	1.308 bc	1.214 c	1.106 c	

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

4-6- الكاروتين

لوحظ في الجدول (7) ان معاملة التربة بالكادميوم وبالتراكيز المذكورة انفا ادى الى حصول انخفاض معنوي بتركيز الكاروتين في اوراق نباتي العصفر والكلغان وظهر اقل تركيز عند المعاملة بالكادميوم عند التركيز (9) ملغم/كغم تربة اذ بلغ (0.661 و 0.377) ملغم/غم من وزن المادة الرطبة في نباتي العصفر والكلغان على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة.

بالنسبة لتاثير التركيز فلوحظ ان المعاملة بالتركيز الرابع (9) ملغم/غم سبب انخفاضا معنويا بتركيز الكاروتين في اوراق النباتين وبلغت (0.519) ملغم/غم من وزن المادة الرطبة مقارنة بمعاملة المقارنة. اما كتأثير النوع النباتي فلوحظ حصول انخفاض معنوي بتركيز الكاروتين في الاوراق لنبات الكلغان الذي بلغ (0.442) ملغم/غم من وزن المادة الرطبة مقارنة بتركيزها في اوراق نبات العصفر اذ بلغ (0.778)ملغم/غم من وزن المادة الرطبة .

وهذا يتفق مع ما وجده [37] في ان اوراق نبات الطماطا المعاملة بالكادميوم حصل فيها تلف اعلى لخلايا الاوراق وتسبب في انخفاض محتوى الصبغات الضوئية ومن ضمنها الكاروتين مقارنة مع نبات السيطرة .

وقد يرجع هذا الانخفاض أيضا إلى أن الملوثات لها تأثيرات سلبية على جاهزية العناصر في التربة ومنها المغنيسيوم والذي له دور مهم في تركيب الصبغات النباتية [38], والتي تؤثر سلبا على عملية تكوين

الكاروتين، فضلاً عن أن التغيرات الشديدة في البيئة الناتجة عن الملوثات قد تؤدي إلى تعديل التعبير الجيني مما يؤثر على عملية تكوين الكاروتين في الخلايا النباتية [39].

جدول (7) تأثير المعاملة بالكادميوم على الكاروتين (ملغم/غم من وزن المادة الرطبة) لنباتي العصفر والكلغان

النوع النباتي	تركيز الكادميوم (ملغم / كغم) تربة					تأثير النوع النباتي
	مقارنة	3	5	7	9	
عصفر	0.888 a	0.856 ab	0.763 bc	0.722 c	0.661 c	0.778 a
كلغان	0.523 d	0.520 d	0.398 e	0.394 e	0.377 e	0.442 b
تأثير التركيز	0.705 a	0.688 a	0.580 b	0.558 b	0.519 b	

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

4-7- الكالسيوم في المجموع الخضري

من نتائج جدول (8) تبين ان معاملة التربة بالكادميوم وبالتراكيز (3 , 5 , 7 , 9) ملغم/كغم تربة ادى الى حصول انخفاض لكنه لم يصل الى الحدود المعنوية بتركيز الكالسيوم في الاجزاء الخضرية لنباتي العصفر والكلغان وظهر اقل تركيز عند المعاملة بالكادميوم عند التركيز (9) ملغم/كغم تربة اذ بلغ (0.867 و 1.433) ملغم/غم في نباتي العصفر والكلغان على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة وان هذا الانخفاض يعود الى سمية العناصر الثقيلة والتي سببت تأثيرا على التجمعات الميكروبية للتربة مما اثر سلبيا على وظيفة الجذور وبالتالي على جاهزية العناصر الغذائية [40] .

اما بالنسبة لتأثير التركيز فلوحظ ان المعاملة بالتركيز الرابع (9) ملغم/غم كان قد سجل ادنى تركيز للكالسيوم في الاجزاء الخضرية للنباتين التي بلغت (1.150) ملغم/غم مقارنة بمعاملة المقارنة.

اما كتأثير النوع النباتي فقد بين الجدول (8) ان نبات الكلغان قد تفوق معنويا بتركيز الكالسيوم اذ بلغ (1.533) ملغم/غم مقارنة بتركيزها في نبات العصفر الذي بلغ (0.993) ملغم/غم.

وهذا يتفق مع دراسة [41] الذي اشار الى حصول انخفاض تدريجي في تركيز الكالسيوم في المجموع الخضري للنباتات المعرضة للعناصر الثقيلة.

جدول (8) تأثير المعاملة بالكادميوم على تركيز الكالسيوم (ملغم/غم) في المجموع الخضري لنباتي العصفر والكلغان

النوع النباتي	تركيز الكادميوم (ملغم / كغم) تربة					تأثير النوع النباتي
	مقارنة	3	5	7	9	
عصفر	1.133 b	1.033 b	1.000 b	0.933 b	0.867 b	0.993 b
كلغان	1.633 a	1.567 a	1.533 a	1.500 a	1.433 a	1.533 a
تأثير التركيز	1.383 a	1.300 ab	1.267 ab	1.217 ab	1.150 b	

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

4-8- الكالسيوم في المجموع الجذري

بينت النتائج في الجدول رقم (9) ان معاملة التربة بالكادميوم وبالتراكيز اعلاه ادى الى حصول انخفاض معنوي بتركيز الكالسيوم في المجموع الجذري لنباتي العصفر والكلغان حيث انخفض تركيز الكالسيوم معنويا عند التركيز(9) ملغم /كغم تربة اذ بلغ محتوى الكالسيوم في المجموع الجذري للنباتين (1.637 و 1.073) ملغم/غم على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة.

وهذا الانخفاض قد يعود الى تشابه الكادميوم مع الكالسيوم كيميائياً مما يخلق التنافس على مواقع الامتصاص في الجذور والذي بدوره يؤثر سلبا على تركيز الكالسيوم في انسجة النبات [42].

وكتأثير التركيز فلوحظ ان المعاملة بالتركيز الرابع (9) ملغم/غم كان قد سجل ادنى تركيز للكالسيوم في المجموع الجذري للنباتين اذ بلغ (1.355) ملغم/غم مقارنة بمعاملة المقارنة.

اما كتأثير النوع النباتي فقد وضحت النتائج ان نبات العصفر قد تفوق معنويا بتركيزالكالسيوم اذ بلغ (2.719) ملغم/غم مقارنة بتركيزها في نبات الكلغان الذي بلغ (2.160) ملغم/غم.

وهذا ما اكدته الدراسات المتوفرة ان التربة الملوثة بالعناصر الثقيلة تعاني من نقص في العناصر المغذية الذي بدوره يؤثر سلبا على تركيز العناصر في الانسجة النباتية [43] . كما ان المحتوى الزائد من المعادن الثقيلة في التربة يؤدي الى اعاقة التمثيل الغذائي الفسيولوجي للنبات ونموه [44].

جدول (9) تأثير المعاملة بالكادميوم على تركيز الكالسيوم (ملغم/غم) في المجموع الجذري لنباتي العصفر والكلغان

النوع النباتي	تركيز الكادميوم (ملغم / كغم) تربة	

	مقارنة	3	5	7	9	تأثير النوع النباتي
عصفر	4.240 a	3.160 c	2.517 d	2.043 e	1.637 f	2.719 a
كلغان	3.877 b	2.453 d	2.027 e	1.370 fg	1.073 g	2.160 b
تأثير التركيز	4.058 a	2.807 b	2.272 c	1.707 d	1.355 e	

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

4-9- المغنيسيوم في المجموع الخضري

من نتائج الجدول (10) يتضح أن معاملة التربة المزروعة بنباتي الكلغان والعصفر بالكادميوم عند التراكيز (3 , 5, 7, 9)ملغم/ كغم تربة سببت انخفاضاً معنوياً في تركيز عنصر المغنيسيوم في المجموع الخضري للنباتين ولجميع التراكيز اعلاه مقارنة بمعاملة المقارنة، ويعود هذا الانخفاض في تركيز المغنيسيوم للمجموع الخضري إلى أن المعادن الثقيلة تثبط نمو العضيات الخلوية في الخلية النباتية ومنها البلاستيدات الخضراء مما يؤثر على جزيئات الكلوروفيل والحاوية على عنصر المغنيسيوم مما يسبب انخفاض محتوى تركيز المغنيسيوم في النبات [45].

وكتأثير التركيز لوحظ هناك فرق معنوية بين التركيز (9,7,5) ملغم/كغم تربة مع معاملة المقارنة كما ان التركيز (9) ملغم /كغم تربة سجل اقل قيمة مقارنة بمعاملة السيطرة .

اما كتأثير النوع النباتي فنلاحظ من الجدول (10) ان نبات الكلغان سجل اعلى قيمة وكانت (4.767) حيث تفوق معنويا على نبات العصفر الذي سجل (3.753) . وهذا قد يعود الى تأثر المساحة الورقية والمحتوى المائي والتي تؤثر سلباً على امتصاص العناصر المغذية حيث ان اجهادات الكادميوم والعناصر الثقيلة تؤثر بشكل كبير على النباتات [47,46] .

جدول (10) تأثير المعاملة بالكادميوم على تركيز المغنيسيوم (ملغم/غم) في المجموع الخضري لنباتي العصفر والكلغان

النوع النباتي	تركيز الكادميوم (ملغم / كغم) تربة					تأثير النوع النباتي
	مقارنة	3	5	7	9	
عصفر	4.300 bc	3.967 cd	3.600 d	3.567 d	3.333 d	3.753 b
كلغان	5.033 a	4.900 ab	4.800 ab	4.633 abc	4.467 abc	4.767 a
تأثير التركيز	4.667 a	4.433 ab	4.200 bc	4.100 bc	3.900 c	

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

كما ان وجود الكادميوم ممكن ان يعيق انتاجية النبات [49,48] . كذلك تظهر الانواع المختلفة وحتى الاصناف داخل النوع نفسه مستويات متفاوتة من التحمل لاجهاد الكادميوم [51,50] .

4-10- المغنيسيوم في المجموع الجذري

تبين في الجدول (11) ان معاملة التربة بالكادميوم وبالتراكيز (3 , 5 , 7 , 9) ملغم/كغم تربة سبب في حصول انخفاض معنوي بتركيز المغنيسيوم في المجموع الجذري لنباتي العصفر والكلغان وظهر اقل تركيز عند المعاملة بالكادميوم عند التركيز (9) ملغم/كغم تربة اذ بلغ (1.657 و 1.100) ملغم/غم في نباتي العصفر والكلغان على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة والتي بلغت (3.547 و 2.990) ملغم/غم على التوالي.اما كتأثير التركيز فلوحظ ان المعاملة بالتركيز الرابع (9) ملغم/غم تربة كان قد سجل ادنى تركيز للمغنيسيوم في الاجزاء الجذرية للنباتين التي بلغت (1.378) ملغم/غم مقارنة بمعاملة المقارنة.

اما كتأثير النوع النباتي فقد بين الجدول (11) ان نبات العصفر قد تفوق معنويا بتركيز المغنيسيوم في الاجزاء الجذرية اذ بلغ (2.597) ملغم/غم مقارنة بتركيزها في نبات الكلغان الذي بلغ (2.041) ملغم/غم.

ان الانخفاض الحاصل بتركيز المغنيسيوم في المجموع الجذري للنباتين قد يعود الى حدوث اختلالات ونقص في العناصر الغذائية المعدنية بسبب التدخل مع الكادميوم في امتصاص ونقل العناصر الغذائية الأساسية وغير الأساسية [52]. حيث يؤثر امتصاص الكادميوم سلبا على الكتلة الحية النباتية ويحفز الاجهاد التأكسدي [53]، كما انه يعطل توازن العناصر الغذائية [54] وبالتالي يؤثر على تركيز العناصر الغذائية في الاجزاء النباتية المختلفة.

جدول (11) تأثير المعاملة بالكادميوم على تركيز المغنيسيوم (ملغم/غم) في المجموع الجذري لنباتي العصفر والكلغان

النوع النباتي	تركيز الكادميوم (ملغم / كغم) تربة					تأثير النوع النباتي
	مقارنة	3	5	7	9	
عصفر	3.547 a	3.070 b	2.523 c	2.190 d	1.657 e	2.597 a
كلغان	2.990 b	2.513 c	1.967 d	1.633 e	1.100 f	2.041 b
تأثير التركيز	3.268 a	2.792 b	2.245 c	1.912 d	1.378 e	

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

5- الاستنتاجات:

تبين ان معاملة التربة بعنصر الكادميوم وبتراكيز مختلفة سبب في حصول انخفاض معنوي بكل من كلورفيل a وكلورفيل b والكلورفيل الكلي في الانسجة الورقية لنباتي العصفر والكلغان كما سبب في حصول انخفاضاً معنوياً في كل من الكالسيوم والمغنيسيوم في المجاميع الخضرية والجذرية للنباتين مقارنة بمعاملة السيطرة.

6- شكر وتقدير

المؤلف يقدم اسمى كلمات الشكر والعرفان لقسم علوم الحياة كلية التربية للعلوم الصرفة على مساعدتهم لانجاح هذا المشروع . والشكر موصول لمجلة وهج العلوم لمساعدتهم في نشر هذا البحث.

7- المصادر:

[1] القرغولي , دعاء فليح حسن. تحليل جغرافي لخصائص التربة في قضاء الشطرة دراسة في جغرافية التربة , رسالة ماجستير ,كلية الاداب , **جامعة البصرة**, ص: 2, 2020.

[2] ريمة ، غوبيش و ريان, كعباش. دراسة حول تأثيرات العوامل الممرضة والعوامل الغير حيوية على طماطم البيوت البلاستيكية, رسالة ماجستير , كلية علوم الطبيعة والحياة .**الجزائر**. ص: 12، 2017.

[3] سعد، كاظم شنتة. جغرافية التربة. **دار المنهجية للطباعة والنشر**. ص :2, 2017.

[4] الياسري، كفاية حسن ميثم. المبيدات واثرها على تلوث الترب الزراعية الواقعة بين جدول الكفل ونهر عوفي. **مجلة جامعة بابل للعلوم الانسانية**. المجلد27. العدد5 . ص :91, 2019.

[5] زغلول، راشد عبد الفتاح. التلوث البيئي مشكلات وحلول، **مطبعة مركز الهدى للكمبيوتر والتصوير، القاهرة_ مصر**، ص: 379, 2019.

[6] Dua, S. Li, W. Tangc, C. Denga, H. Fatima, M.N. and Bibi, H. Effect of chitosan and sodium alginate on heavy metal adsorption by natural plantextracts. **Desalination and Water Treatment** . 318 -100398, 2024.. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1944398624004314.

[7] Hashem, M .A .,Nur -A -Tomal , M.S . ,Mondal ,N. R. and Rahman, A. Hair burning and liming in tanneries is a source of pollution by arsenic , lead , Zinc, manganese and iron **. Environ Chem** Lett 15, 501 – 506, 2017. https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-017-0634-2.

[8] Kubier, A. and Pichler, T. Cadmium in groundwater a synopsis based on a large hydrogeochemical data set. **Sci. Total Environ**. 689, 831–842, 2019. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971933073.

[9] Cheng, M. Wang, A. Liu, Z. Gendall, A.R. Rochfort, S. and Tang, C. Sodium chloride decreases cadmium accumulation and changes the response of metabolites to cadmium stress in the halophyte Carpobrotus rossii. **Ann. Bot**. 122 (3), 373–385,2018. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29788289/.

[10] Huang, X. Duan, S. Wu, Q. Yu, M. and Shabala, S. Reducing cadmium accumulation in plants: structure-function relations and tissue-specific operation of transporters in the spotlight. **Plants**, 9, 223, 2020. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32050442/.

[11] Tan, H. Pang, Y. Lim, S. and Chong, W. A state-of-the-art of phytoremediation approach for sustainable management of heavy metals recovery. **Environ. Technol. Inno**. 30, 103043, 2023. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186423000391.

[12] Guo, S.M. Yu, H.B. and Yuan, L.Y. Research progress of screening of germplasm resources of heavy metal hyperaccumulator in recent 20 years in China, 96.108 Asian **J. Ecotoxicol**. 17 (2), 2022. https://neptjournal.com/upload-images/(6)D-1523.pdf.

[13] Chapman, H.D. and Partt, P. F. Methods of analysis for soil , plant and water .**Univ. of Calif** .Div.Agric.Sci, 1961.

[14] Abdul Jaleel, C. Jayakumar , K. Chang-Xing, Z. and Azooz, M. M. Antioxidant Potentials Protect Vigna radiata (L.) Wilczek Plant from Soil Cobalt Stress and Improve Growth and Pigment Composition. **Plant Omics Journal**, 2(3): 120-126, 2009, https://www.pomics.com/Jaleel_2_3_2009_120_126.pdf.

[15] Richard, I. A. Diagnosis and Improvement of Salience and Alkali Soil. U.S. Department of Agriculture. **Handbook,** 1954, https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1885791.

[16] عنتر, سالم حمادي. التحليل الإحصائي في البحث العلمي وبرنامج SAS. جامعة الموصل, كلية الزراعة والغابات, **دار ابن الأثير للطباعة والنشر**. موصل. العراق,2010.

[17] Yelikbayev, B.K. Imanbek, F. Jamalova, G.A. Kalogerakis, N.E. and Islam, K.R. Phytoremediation of contaminated urban soils spiked with heavy metals. **Eurasian Journal of Soil Science**, 13(4), 348 – 357, 2024, https://doi.org/10.18393/ejss.1522127.

[18] Wang, Y. Imran, M.A. Zhao, J. Sultan, M. and Li, M. Single/joint effects of pyrene and heavy metals in contaminated soils on the growth and physiological response of maize (*Zea mays L.*). **Front. Plant Sci**. 15:1505670, 2024, https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1505670.

[19] Ali, M. Ameen, M. Malik, M.W. Tamimi, S.A. Mustafa, K. Nazir, M.I. Ahmad, S. Ayub, M.A. and Nadeem, M. Potential role of melatonin in alleviating heavy metals Phytotoxicity in plants. Pak. **J. Biotechnol.** Vol. 20(2), 288-292, 2023, https://pjbt.org/index.php/pjbt/article/view/782.

[20] Gupta, M. and Saini, V. Caesarean Section: Mortality and Morbidity. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, 12, QE01-QE06, 2018, https://www.crely.ai/img/pdf/caesarean-section.pdf.

[21] Lehoczky, E. Kamuti, M. Toth, B. Mazsu, N. Moujahid, O. and Nagy, P. Effect of *(silybum marianum L.)* gaertn. on germination, early growth and nutrient uptake of (*zea mays L.*). **Applied Ecology and Environmental Research**.16(3):2255-2265,2018, https://www.aloki.hu/pdf/1603_22552265.pdf.

[22] فرحان , بتول خضير . دراسة مسحية للأراضي الزراعية في ناحية محمد سكران ومدى تلوثها بالعناصر الثقيلة. بحث دبلوم. كلية التربية للعلوم الصرفة , **جامعة ديالى** , العراق, 2022.

[23] عبد الوهاب , سعاد خيري. الكشف عن بعض المعادن الثقيلة في الترب الزراعية لمحافظة ديالى ومعالجتها بأنواع مختلفة من النباتات. اطروحة دكتوراه , كلية التربية للعلوم الصرفة , **جامعة ديالى** , العراق, 2020.

[24] المتيوتي , وعدالله اسعد عبدالله. الاثر البيئي لاستخدام مسحوق نباتات (*Silybum marianum*) و(*Glycyrrhiza glabra*) على نوعين من النباتات البقولية النامية بترب ملوثة بالمعادن الثقيلة. رسالة ماجستير ,كلية التربية للعلوم الصرفة , **جامعة الموصل** , العراق,2020.

[25] Alam, N. Anis, M. Javed, S.B. and Alatar, A.A. Stimulatory effect of copper and zinc sulphate on plant regeneration, glutathione S-transferase analysis and assessment of antioxidant activities in *Mucuna pruriens L.* (DC). **Plant Cell Tissue Organ Cult**; 141:155–166, 2020, https://link.springer.com/article/10.1007/s11240-020-01776-8.

[26] Chaitanya, G. Pavani, Ch. And Shasthree T. Effect of heavy metals on in vitro growth and development of the *Momordica cymbalaria* Fenzl. International **Journal of Environmental Science and Technology**; 20:8701–8708, 2023, https://doi.org/10.1007/s13762-022-04437-9.

[27] Al-Rashedy, H. S. M. A. The Effect of Soil Pollution with Oils used in Motors and Generators on *Spinacia oleracea* and *Beta vulgaris var*. **cilca plants. Review of International Geographical Education Online**, 11(9): 2146-0353, 2021, https://rigeo.org/menu-script/index.php/rigeo/article/view/1839.

[28] Pietrini, F. Passatore, L. Patti, V. Francocci, F. Giovannozzi, A. and Zacchini, M. Morpho-Physiological and Metal Accumulation Responses of Hemp Plants (*Cannabis Sativa* L.) Grown on Soil from an Agro-Industrial Contaminated Area. *Water*. 2019; 11(4):808. https://doi.org/10.3390/w11040808.

[29] Rashid, A. Schutte , B. J Ulery, A. Deyholos, M. K. Sanogo, S. Lehnhoff, E.A. and Beck, L. Heavy Metal Contamination in Agricultural Soil: Environmental Pollutants Affecting Crop Health. **Agronomy**, 13, 1521, 2023, **https://doi.org/10.3390/agronomy13061521**.

[30] Zaid, A. and Wani, S. H. Reactive Oxygen Species Generation, Scavenging and Signaling in Plant Defense Responses. In **Bioactive Molecules in Plant Defense**, pp, 111-132, Springer, Cham, 2019, https://doi.org/10.1007/978-3-030-27165-7_7.

[31] Bashir, M. A. Naveed, M. Ahmad, Z. Gao, B. Mustafa, A. and Nunez Delgado, A. Combined Application of Biochar and Sulfur Regulated Growth, Physiological, Antioxidant Responses and Cr Removal Capacity of Maize (*Zea mays L.*) in Tannery Polluted Soils. **Journal of Environmental Management**, 259: 110051, 2020, https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479719317694

[32] Ismail, M. T. and Al-Rashedy, H. S. M. A. Pollution by crude oil and used engine oil and their impact on growth and concentration of some nutrients elements of flax and safflower plants. **Journal of Education and Science**, (ISSN 1812-125X), Vol: 31, No: 03, 2022 (54-65). DOI:10.33899/edusj.2022.133858.1239.

[33] القصاب , مصطفى ثائر اسماعيل . تأثير إضافة تراكيز مختلفة من النفط ومشتقاته إلى التربة على نمو نباتات (*Carthamus tinctorius* L.) و (*Linum usitatissimum* L.) . رسالة ماجستير ، كلية التربية ، **جامعة الموصل** ، العراق,2022.

[34] Rizvi, A. Zaidi, A. Ameen, F. Ahmed, B. AlKahtani, M.D.F. and Khan, M.S. Heavy metal induced stress on wheat: Phytotoxicity and microbiological management. **RSC Adv**., 10, 38379–38403, 2020, **https://doi.org/10.1039/D0RA05610C**

[35] Hoque, M.N. Tahjib-Ul-Arif, M. Hannan, A. Sultana, N. Akhter, S. Hasanuzzaman, M. Akter, F. Hossain, M.S. Sayed, M.A. and Hasan, M.T. Melatonin modulates plant tolerance to heavy metal stress: Morphological responses to molecular mechanisms. Int. **J. Mol. Sci**. 22, 11445, 2021, DOI: 10.3390/ijms222111445.

[36] Yemets, A. Horiunova, I. and Blume Y. Cadmium, nickel, copper, and zinc influence on microfilament organization in Arabidopsis root cells. **Cell Biol Int** 45(1):211–226, 2021, DOI: 10.1002/cbin.11485.

[37] Bekkai, D. Chiofalo, M. T. Torre, D. Mileto, S. Genovese, G. Cimino, F. Toscano, G. Iannazzo, D. and Trifil`, P. Chronic mild cadmium exposure increases the vulnerability of tomato plants to dehydration. **Plant Physiology and Biochemistry**; 217. 109200, 2024, https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.109200.

[38] Odiyi, B. O.; Giwa, G. O.; Abiya, S. E. and Babatunde, O. S. Effects of Crude Oil Pollution on The Morphology, Growth and Heavy Metal Content of Maize (*Zea mays L.*). **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, 24(1): 119-125, 2020, **DOI:**10.4314/jasem.v24i1.17.

[39] Haider, F. U. Liqun, C. Coulter, J. A. Cheema, S. A. Wu, J. Zhang, R Wenjun, M. and Farooq, M. Cadmium Toxicity in Plants: Impacts and Remediation Strategies. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 211: 111887, 2021, https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111887.

[40] Odukoya, J. Lambert, R. and Sakrabani, R. Understanding The Impacts of Crude Oil and Its Induced Abiotic Stresses on Agrifood Production: A **Review. Horticulturae,** 5(2): 47, 2019, **https://doi.org/10.3390/horticulturae5020047**.

[41] خليل , محمد ابراهيم و فتحي , دلال عبدالله. تأثير العناصـــر الثقيلة في النمو وبعض الصـــفات الفسلجية والتشريحية لنبات الحنطة (*Triticum aestivum L.*) . **مجلة أبحاث كلية التربية الأساسية** ، المجلد ١٥ ، العدد (٣) , 2019.

[42] Huang, D.; Gong, X.; Liu, Y.; Zeng, G.; Lai, C.; Bashir, H. and Wan, J. Effects of Calcium at Toxic Concentrations of Cadmium in Plants. **Planta,** 245(5): 863-873, 2017, DOI: 10.1007/s00425-017-2664-1.

[43] Singh, A.; Kumar, A.; Yadav, S. and Singh, I. K. Reactive Oxygen Species-Mediated Signaling During Abiotic Stress. **Plant Gene**, 18: 100173, 2019, https://doi.org/10.1016/j.plgene.2019.100173.

[44] Zhanga, Y. Lia, T. Fua, Q. Houa, R. Lia, M. Liua, D. Shia, G. Yanga, X. and Xue, P. Drip irrigation reduces the toxicity of heavy metals to soybean: By moving heavy metals out of the root zone and improving physiological metabolism. **Agricultural Water Management** 292. 108670, 2024, https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108670.

[45] Alyemeni, M. N. Ahanger, M. A. Wijaya, L. Alam, P. and Ahmad, P. Contrasting Tolerance among Soybean Genotypes Subjected to different levels of Cadmium stress. **Pakistan Journal of Botany**, 49(3): 903 911, 2017, https://www.pakbs.org/pjbot/papers/1497347655.pdf.

[46] Guo, D. Ali, A. and Zhang, Z. Streptomyces pactum and sulfur mediated the rhizosphere microhabitats of potherb mustard after a phytoextraction trial. **Environ. Pollut**. 281, 116968, 2021, https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116968.

[47] Xu, L., Wang, R., Jin, B., Chen, J., Jiang, T. Ali, W. Tian, S. and Lu, L. Cadmium inhibits powdery mildew colonization and reconstructs microbial community in leaves of the hyperaccumulator plant Sedum alfredii. **Ecotoxicol. Environ. Safe.** 260, 115076, 2023, https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115076.

[48] Aslam, M.M. Okal, E.J. and Waseem, M. Cadmium toxicity impacts plant growth and plant remediation strategies. **Plant Growth Regul**. 99, 397–412, 2023, https://link.springer.com/article/10.1007/s10725-022-00917-7.

[49] Li, N. Wu, F. Zhang, J. and Yu, Y. Remediation of heavy metal cadmium polluted water by a variety of garden plant schemes. **Desalination and Water Treatment** ;319. 100485, 2024, https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100485.

[50] Carvalho, M.E.A. Piotto, F.A. Gaziola, S.A. Jacomino, A.P. Jozefczak, M. and Cuypers, A. New insights about cadmium impacts on tomato: plant acclimation, nutritional changes, fruit quality and yield. **Food Energy Secur**.7, e00131, 2018, **https://doi.org/10.1002/fes3.131**.

[51] Zhang, X. Liu, H. Luo, X. Xiao, M. Xiang, P. Chen, M. Zhang, X. Zhang, L. Ye, Q. and Wen, D. Contrasting responses in growth, photosynthesis and hydraulics of two subtropical tree species to cadmium contamination as affected by elevated CO2 and nitrogen addition. **Sci. Total Environ**. 837, 155858, 2022, https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722029552

[52] Yadav, M. George, N. and Dwibedi, V. Emergence of toxic trace elements in plant environments: insights into potential of silica nanoparticles for mitigation of metal toxicity in plants. **Environ. Pollut**. 333, 122112, 2023,

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749123011144

[53] Grobelak, A. Swiatek, J. Murtas, A. Jaskulak, M. In: Hasanuzzaman, M., Majeti Prasad, M.N.V., Fujita, M. (Eds.), Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants. **Academic Press**, pp. 213–231, 2019, https://shop.elsevier.com/books/cadmium-toxicity-and-tolerance-in-plants/hasanuzzaman/978-0-12-814864-8.

[54] Naeem, A. Zafar, M. Khalid, H. Zia-ur-Rehman, M. Ahmad, Z. Ayub, M.A. and Qayyum, M.F. Cadmium-induced imbalance in nutrient and water uptake by plants. In: Hasanuzzaman, M., Majeti Prasad, M.N.V., Fujita, M. (Eds.), Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants**. Academic Press**, pp. 299–326, 2019, DOI: 10.1016/B978-0-12-814864-8.00012-7.