توزيع بعض العناصر الثقيلة الملوثة للتربة وتقييمها باستخدام بعض معايير التلوث شمالي العراق

قحطان درويش عيسى الخفاجي* واياد عبدالله خلف الدليمي**
*قسم علوم التربة والموارد المائية / كلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل
** قسم علوم التربة والموارد المائية / كلية الزراعة / جامعة تكريت

الخلاصــة

كلمات المفتاحية:
العناصر الثقيلة، تلوث التربة، دليل التلوث.
للمراسلة :
قحطان درويش الخفاجي
البريد الالكتروني:
qahtan_darwish@yahoo.com

شملت الدراسة اربع مواقع مختلفة من محافظتي نينوى ودهوك في شمال العراق (مخمور ، الحمدانية ، الشيخان ، زاخو) بهدف التعرف على توزيع بعض العناصر الثقيلة وتقييمها باستخدام بعض معايير التلوث، وجمعت عينات التربة من ثلاث أعماق (0 – 20 cm و 20 – 40 cm و 40 – 60 cm) . تم تقدير العناصر (Cd, Co, Mo, Cu, Zn, Ni and Pb) باستخدام جهاز (XRF) تقنية الأشعة السينية الوميضية، اظهرت النتائج ان هناك اختلافات واضحة بين المواقع، اذ كان موقع مخمور < موقع الحمدانية < موقع الشيخان < موقع زاخو بالنسبة لعناصر (Cu, Zn, Pb)، اما بالنسبة لعناصر (Co, Ni) فكان موقع مخمور< موقع الشيخان < موقع الحمدانية < موقع زاخو، اما بالنسبة لعنصر (Cd) فكان تركيزه في موقع مخمور > الحمدانية = موقع الشيخان = موقع زاخو، في حين ان عنصر (Mo) أخذ سلوكا مختلف تماما فكان موقع الحمدانية > موقع مخمور > موقع الشيخان > موقع زاخو. كما تم حساب بعض معايير التلوث منها : معامل التلوث (CF) ودليل حمل التربة (PLI)، أظهرت نتائج معامل التلوث (CF) بالنسبة لمواقع مخمور والحمدانية والشيخان كالتالي : Cd>Mo>Ni>Co>Cu>Zn>Pb ، اما موقع زاخو كان معامل التلوث (CF): Cd >Ni>Mo>Co>Cu>Zn>Pb. اما نتائج دليل حمل التلوث (PLI) في مواقع الدراسة كان موقع زاخو > موقع الحمدانية > موقع الشيخان > موقع مخمور (1.65, 2.07, 2.06, 2.32) على التتابع.

Distribution of some Heavy Metals Contaminated of Soil and Evaluated by Using some Pollution Parameters in Northern Iraq

Qahtan D. Essa Al-Khafagi* and Aiad Abdullah Khalaf Al-Dulaimi**
*Soil Science & Water Resources Dept. - College of Agric. & Forestry - Mosul University
** Soil Science & Water Resources Dept.- College of Agric.- Tikrit University

ABSTRACT

Key words:
Heavy metals, Soil Contamination, Pollution Index.
Correspondence:
Qahtan D. Essa Al-Khafagi
E-mail:
qahtan_darwish@yahoo.com

Soil samples were collected from four locations in Ninavah and Duhok Governorates / northern Iraq, including (Makhmor, Hamdania, Shikhan and Zakho). The aim of this study was distrabution of some heavy metals soil and evaluation by used some pollution parameter. Soil samples collections from three depths (0 – 20, 20 - 40 and 40 – 60 cm). Determination some of heavy metals (Cd, Co, Mo, Cu, Zn, Ni and Pb) by using (XRF) technique. The results showed that there is a difference in the studied locations of (Makhmor < Hamdania < Shikhan < Zakho) for Cu, Zn and Pb elements, locations of (Makhmor < Shikhan < Hamdania < Zakho) for Co and Ni metal, locations of (Makhmor > Hamdania = Shikhan = Zakho) for Cd element, locations of (Hamdania > Makhmor > Shikhan > Zakho) for Mo metal. Calculation of pollution indices has been done such as: contamination factor (CF) and pollution load index (PLI).The Results of (CF) for Makhmor , Hamdania and Shikhan locations were: Cd > Mo > Ni > Co > Cu > Zn > Pb, while (CF) of Zakho location : Cd > Ni > Mo > Co > Cu > Zn > Pb. Results of (PLI) showed : Zakho > Hamdania > Shikhan > Makhmor locations (2.32, 2.06, 2.07, 1.65) respectively.

المقدمـــة:

يعد تلوث التربة بالعناصر الثقيلة السامة اخطر انواع التلوث وبالرغم من ان بعض العناصر الثقيلة (يمكن ان يطلق عليها الفلزات الثقيلة) تعتبر ضرورية للحياة بكميات قليلة، وتسمى العناصر النادرة (او الصغرى) مثل الحديد والنحاس والزنك والسيلينيوم الا انها تصبح سامة عند وجود تراكيز عالية منها في التربة. تصنف الترب عند احتوائها على تراكيز مرتفعة من العناصر الثقيلة بانها ترب ملوثة، اذ تصبح سامة للنبات والانسان والحيوان. يختلف التركيز الكلي للعناصر الثقيلة في الترب كثيرا بتنوع مصادر التلوث (Alloway، 1990) . لذا فمن المهم التعرف على توزيع مستويات العناصر الثقيلة في الترب، وميكانيكية التحكم في ذوبانيتها والمعادن التي تحكم حركتها وصورها وتيسرها في التربة، وكذلك سلوكها داخل النباتات التي يمكنها ان تنمو في الترب الملوثة. تساهم عمليات التعدين في زيادة التلوث بالعناصر والذي يمثل بشكل عام خطرا كبيرا على النبات والانسان والحيوان والبيئة، وهذا يجعل منها احد اهم المشكلات البيئية الاكثر خطورة في العالم (Zheljazkov و Nielsen، 1996). تراكم العناصر الثقيلة في سطح التربة يتأثر بالعديد من المتغيرات البيئية كمادة الاصل وخواص التربة والفعاليات البشرية والانتاج الصناعي والعمليات الزراعية والري، وهناك مناطق واسعة يمكن ان تتلوث بالعناصر الثقيلة نتيجة اضافة المياه الصناعية والمخصبات والاسمدة العضوية والمبيدات وبغض النظر عن مصادر تلوث التربة فان تراكم العناصر الثقيلة يسهم في انخفاض انتاجية التربة (Nagajyoti واخرون، 2010).

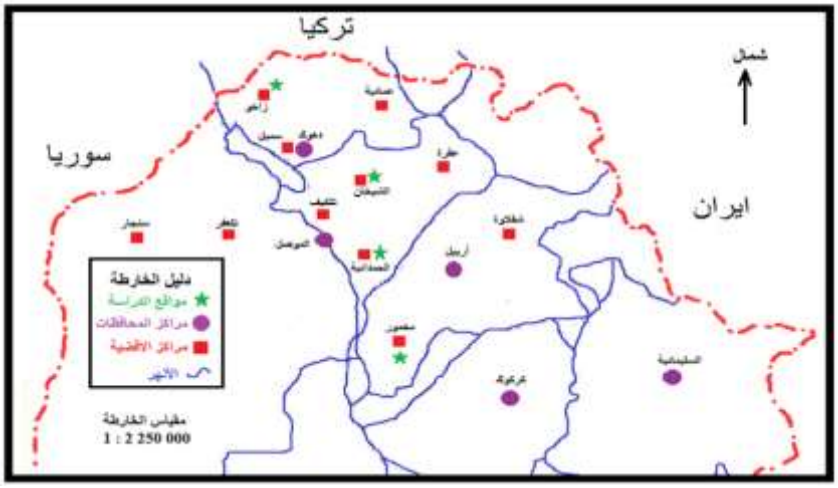
يؤدي التلوث بالعناصر الثقيلة (السامة) الى تغيير بعض صفات التربة الفيزيائية والكيميائية مما يؤدي الى الاخلال بالتوازن الحيوي ويعتبر الزرنيخ والكادميوم والنحاس والرصاص والزنك والزئبق (As , Cd , Cu , Pb , Zn and Hg) من اكثر العناصر المسببة للتلوث (Alloway ، 1990) بالرغم من ان الترب الملوثة بالعناصر الثقيلة لها تأثير سلبي على النبات الا ان العديد من الانواع النباتية لها القدرة على تحمل التراكيز المرتفعة من تلك العناصر، ونمو هذه النباتات في بيئات ملوثة يدل على مقاومتها. تبلغ العناصر الثقيلة 38 عنصرا، وبسبب عمليات الترسيب والادمصاص في التربة تحدث السمية بثلاث عناصر هي الزنك والنحاس والنيكل، بينما تحدث السمية بعناصر الرصاص والكوبلت والزرنيخ والكادميوم تحت ظروف خاصة جدا. يعد عنصر الرصاص والكادميوم من العناصر القابلة للامتصاص من قبل النبات ومن ثم دخولها السلسلة الغذائية، لذا فان الكثير من الابحاث حول سمية العناصر اهتمت بعناصر الزنك والنحاس والنيكل والكادميوم والرصاص والزئبق (Singh، 2005). اشار العديد من الباحثين الى اهمية التعرف على مدى تلوث ترب المناطق غير الزراعية بالعناصر الثقيلة (Kelly واخرون، 1996 و Chen، 1997 و Manta واخرون، 2002).

قام Al-Farraj و Al-Wabel (2007) بدراسة لتقييم مدى تلوث ترب المناطق المحيطة بمنجم مهد الذهب في المملكة العربية السعودية بالعناصر الثقيلة (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Ti, V, Zn, Hg) مع تطبيق بعض المقاييس العالمية والاحصائية لتحديد مدى تلوثها، اظهرت النتائج تلوث منطقة الدراسة بدرجة معنوية بالاعتماد على معامل التلوث (CF- Contamination Factor) . في دراسة اخرى قام بها (Al-Otabi و Al-Farraj (2009) ظهر ارتفاع في التركيز الكلي في التربة لكل من Zn, Pb, Cu, Cd, As وقد اضافا انه باستثناء الزرنيخ تعتبر تراكيز العناصر أعلى بعدة اضعاف مقارنة بالتركيز الاعلى الذي يمكن ان يوجد في تربة غير ملوثة. نظرا لكون التلوث واحدا من اهم المشاكل البيئية التي تهدد المحاصيل الزراعية من خلال زيادة تركيز العناصر الثقيلة في التربة. لذا الهدف من هذه الدراسة هو التعرف على توزيع بعض العناصر الثقيلة الملوثة للتربة وتقييمها باستخدام بعض معايير التلوث في مناطق مختلفة من شمال العراق.

مواد العمل وطرائقه:

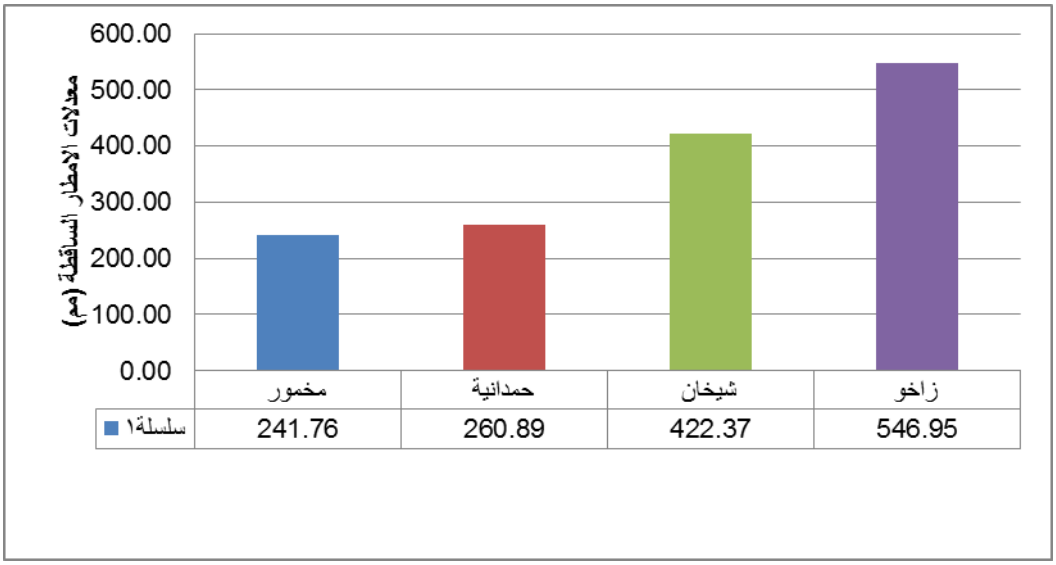
اختيار مواقع الدراسة: بعد الاستطلاع والمشاهد الحقلية ومراجعة الخرائط والمرئيات الفضائية فقد شملت الدراسة على تحديد واختيار اربع مناطق من محافظتي نينوى ودهوك في شمال العراق وهي (مخمور، الحمدانية، الشيخان، زاخو) والتي تمتد من جنوب مدينة الموصل الى شماله. اما موقع مخمور فيقع ضمن الإحداثيات "8. '19 °36 شمالا و "9. '74 °43 شرقا

وموقع الحمدانية كان عند خط طول"00 '62 °43 شرقاً ودائرة عرض "8. '44 °36 شمالاً. في حين موقع الشيخان فكان ضمن الاحداثيات الجغرافية لخط طول "00 '4 °43 شرقاً ودائرة عرض"4. '76 °36 شمالاً كما موضح في الشكل(1). المتباينة في معدلات الامطار الساقطة ودرجات الحرارة وخصائص التربة وطبيعة الانحدار واستخدام الارض والنبت الطبيعي وتطور التربة.



الشكل (1): خارطة شمال العراق موضحا فيها مواقع الدراسة

البيانات والمعلومات المناخية: تباينت مواقع الدراسة في معدلات الامطار الساقطة والتي تراوحت بين 241.76 ملم في موقع مخمور والتي ازدادت كلما اتجهنا شمالاً فبلغ اعلى معدل لها في موقع زاخو 546.95 ملم، فضلا عن تفاوتها في معدلات درجات الحرارة والاشعاع الشمسي والتي لها تأثير في تكوين وتطور التربة وتركيز وجاهزية العناصر الغذائية (الشكل– 2).



الشكل– 2: معدلات الامطار الساقطة في مواقع الدراسة وللمدة 1995– 2009 .

استحصال وجمع النماذج: استحصلت عينات تربة ممثلة من كل موقع من مواقع الدراسة وعلى اعماق ثابتة (0 – 20 cm ، 20 – 40 cm ، 40 – 60 cm). جففت عينات التربة هوائيا بعد نقلها الى المختبر، وجزئت الى جزئيين اما الجزء الاول فطحن ونخل بمنخل قطر فتحاته 2 ملم بحيث اصبحت جاهزة لإجراء بعض التحاليل والقياسات الفيزيائية والكيميائية، إذ تم تقدير نسجة التربة وفق طريقة Gee و Bauder (1986)، وتم قياس التوصيل الكهربائي (EC)، ودرجة تفاعل التربة (pH) بمستخلص التربة (1:1)، كما جاء في Page وآخرون (1982)، وتم تقدير كاربونات الكالسيوم وفق ما جاء في كتاب Ryan وآخرون (1996)، وقدرت المادة العضوية وفق ما جاء به Tandon (1998) وكما في الجدول (1).

جدول رقم (1) يوضح بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لعينات ترب الدراسة.

الموقع	العمق	pH	EC	O.M.	$CaCO_3$	مفصولات التربة (غم.كغم$^{-1}$)			نسجة التربة
	سم		ديسيمنز.م$^{-1}$	غم.كغم$^{-1}$	غم.كغم$^{-1}$	الطين	الغرين	الرمل	
مخمور	20 – 0	7.27	0.91	14.10	256.00	500.00	400.00	100.00	طينية
	40 – 20	7.28	1.48	9.60	282.40	569.00	185.00	246.00	طينية
	60 – 40	7.43	2.00	5.10	308.80	544.00	310.00	146.00	طينية
الحمدانية	20 – 0	7.25	0.69	18.90	216.40	436.50	540.00	23.50	طينية غرينية
	40 – 20	7.39	0.49	12.00	262.60	550.00	375.00	75.00	طينية
	60 – 40	7.55	0.43	12.00	203.20	544.00	390.00	66.00	طينية
الشيخان	20 – 0	7.17	0.52	24.10	237.40	644.00	325.00	31.00	طينية
	40 – 20	7.35	0.44	20.60	247.50	651.50	275.00	73.50	طينية
	60 – 40	7.43	0.39	15.50	247.50	676.50	275.00	48.50	طينية
زاخو	20 – 0	6.93	0.46	13.70	65.90	494.00	425.00	81.00	طينية غرينية
	40 – 20	7.00	0.39	10.30	126.40	726.50	250.00	28.50	طينية
	60 – 40	7.10	0.34	10.00	187.00	726.50	250.00	28.50	طينية

اما الجزء الثاني فتم تهيئته لقياس محتوى هذه الترب من العناصر الثقيلة، اذ تمت عملية التحليل بجهاز الأشعة السينية الوميضية (XRF) من نوع Spectro X- LAB 2000 الموجود في مختبرات قسم الجيولوجي في كلية الهندسة/ جامعة أنقرة/ تركيا، وذلك بتحضير أقراص (Pellets) من عينات ترب الدراسة، اذ أخذ (4gm) من التربة بأقطار أقل من (75 µm) وأضيف إليها (0.9 gm) من مادة مالئة من الشمع (Wax) لغرض تماسك النموذج تم خلطت العينة جيدا ووضعت في جهاز كبس الأقراص مع استخدام ضغط جوي (15 بار) لمدة دقيقة واحدة وبعد ذلك وضعت داخل جهاز الأشعة السينية الوميضية (XRF) وحسب الطريقة المعتمدة في المختبر ومن خلاله تم قياس العناصر التالية (Cd, Co, Mo, Cu, Zn, Ni and Pb) والتي يعبر عنها بالتركيز الكلي (ملغم. كغم$^{-1}$) وهي من اهم العناصر الشائعة التي تؤدي الى تلوث التربة اذا وجدت بتراكيز اعلى من الحدود المسموح فيها، فضلا عن استخدامها في حساب معامل التلوث ودليل حمل التربة للملوثات.

- **تحديد مدى تلوث التربة بالعناصر الثقيلة:** في هذه الدراسة تم استخدام المعايير التالية لتحديد مدى درجة تلوث التربة بالعناصر الثقيلة:

– **معامل التلوث (Contamination Factor CF)**: يمكن حساب معامل التلوث (CF) من خلال المعادلة التالية (Liu et al. 2005):

$$CF = C_{sample} / C_{background} \qquad (1)$$

where,
CF: contamination factor, n = number of metals = 7;
C_{sample}: mean metal concentrate in polluted soils;
$C_{background}$: mean natural background value of that metal.

يصنف (Liu et al. 2005) معامل التلوث (CF) الى اربعة مجاميع وكما يلي:

- low concentration factor $CF < 1$

- moderate contamination factor $1 < CF < 3$
- considerable contamination factor $3 < CF < 6$
- very high contamination factor $CF > 6$

- **دليل حمل الملوثات (Pollution Load Index- PLI)**: لكي يعطى تقييم صحيح عن درجة تلوث التربة استخدمت عدة معادلات لحساب (PLI) حسب (Tomllinson etal, 1980)، يمثل (PLI) عدد مرات محتوى العنصر في الترب ويعطي صورة واضحة عن مدى سمية العنصر الثقيل في التربة، و (PLI) يمكن ان يعطي تقييم لحالة تلوث العنصر، ويمكن حساب (PLI) من خلال معامل التلوث (Contamination Factor CF) لكل عنصر مع الخلفية الطبيعية للعنصر في التربة (Angulo، 1996)و(Usero et al, 2000) باستخدام المعادلة التالية:

$$PLI = [CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \times \dots \times CF_n]^{1/n} \quad (2)$$

ويصنف (Abrahim and Parker, 2008) دليل حمل الملوثات (PLI) الى سبعة اصناف وكالتالي:

Nil to very low degree of contamination	$PLI < 1.5$
Low degree of contamination	$1.5 \leq PLI < 2$
Moderate degree of contamination	$2 \leq PLI < 4$
High degree of contamination	$4 \leq PLI < 8$
Very high degree of contamination	$8 \leq PLI < 16$
Extremely high degree of contamination	$16 \leq PLI < 32$
Ultra high degree of contamination	$PLI \geq 32$

النتائج والمناقشة:

يوضح الجدول (2) تراكيز العناصر الثقيلة في مواقع الدراسة وفي جميع الاعماق، نلاحظ ان هناك تباين واختلاف في تركيز هذه العناصر خلال اعماق التربة. تشير النتائج ان أقل تركيز للكادميوم (Cd) كان في العمق الاول لموقع الحمدانية (0.8 $mg.kg^{-1}$) وأعلى تركيز كان في موقع مخمور ولجميع الاعماق ($1\ mg.kg^{-1}$)، اما توزيع الكادميوم خلال الاعماق فكانت جميع الاعماق متساوية في القيمة باستثناء موقع الحمدانية اذ كان اعلى تركيز للكادميوم في العمق الثالث واقل تركيز في العمق الاول. اما تركيز الكوبلت (Co) فقد اظهر تباينا واضحا في مواقع الدراسة اذ بلغت أقل قيمة في العمق الاول لموقع مخمور (23 $mg.kg^{-1}$) بينما كانت أعلى قيمة للكوبلت الكلي والتي بلغت($53.2\ mg.kg^{-1}$) في العمق الاول لموقع الحمدانية، كذلك يلاحظ بأن توزيع الكوبلت الكلي خلال الاعماق وضمن الموقع الواحد كان غير منتظم، ففي موقع مخمور كان اعلى محتوى للكوبلت في العمق الثاني وأقل محتوى كان في العمق الاول، اما في موقع الحمدانية فقد أظهر محتوى الكوبلت أعلى قيمة في العمق الأول ثم يليه العمق الثالث ثم العمق الثاني، وفي موقع الشيخان فقد أظهر محتوى الكوبلت الكلي تدرجا واضحا فكان اعلى محتوى في العمق الأول واقل محتوى في العمق الثالث، في حين سلوك الكوبلت في موقع زاخو كان مغايرا في سلوكه عن مواقع مخمور والحمدانية والشيخان، بلغ اعلى محتوى للكوبلت الكلي في العمق الثالث ثم يليه العمق الاول ثم العمق الثاني. بالنسبة لتركيز المولبيديوم (Mo) فقد أظهرت الترب اختلافا طفيفا في التركيز اذ تراوح تركيز المولبدنيوم ($2.7\ mg.kg^{-1}$) في العمق الثاني لموقع الشيخان و ($4.6\ mg.kg^{-1}$) في العمق الثالث لموقع الشيخان، ولم يكن هناك تفوق واضح بين موقع وآخر. من ناحية التوزيع خلال الاعماق ففي موقع مخمور كان اعلى التراكيز في العمق الثاني يليه العمق الاول ثم العمق الثالث وفي موقعي الحمدانية والشيخان كان اعلى تركيز في العمق الثالث يليه العمق الاول ثم العمق الثاني، وفي موقع زاخو فقد أظهر تركيز المولبيديوم تدرجا واضحا اذ كان اعلى محتوى في العمق الأول ثم يليه العمق الثاني ثم العمق الثالث.

اما تركيز النحاس (Cu) في مواقع الدراسة ظهر فيها تباينا واضحا وسجلت أقل قيمة في العمق الثالث لموقع مخمور ($22\ mg.kg^{-1}$) بينما كانت أعلى قيمة للنحاس ($39.9\ mg.kg^{-1}$) في العمق الثاني لموقع زاخو، اما نمط توزيع النحاس الكلي مع العمق لمقدات ترب الدراسة فقد كان سلوك النحاس سلوكا مشابها في موقعي مخمور وزاخو، اذ احتوى العمق الثاني على كميات اعلى من العمق الاول واقل محتوى للنحاس كان في العمق الثالث، اما سلوك النحاس في موقع الحمدانية كان اعلى تركيز

في العمق الاول يليه العمق الثاني ثم العمق الثالث في حين كان سلوك النحاس في موقع الشيخان متغايرا فكان اعلى تركيز في العمق الثاني يليه العمق الثالث ثم العمق الاول. لوحظ ان تركيز الخارصين لا يختلف عن العناصر الاخرى فقد ظهر فيها تباينا واضحا في ترب الدراسة، اذ بلغت أقل قيمة في العمق الثالث لموقع مخمور ($51.1\ mg.kg^{-1}$) بينما كانت أعلى قيمة للخارصين ($87.2\ mg.kg^{-1}$) في العمق الثاني لموقع زاخو. اما نمط توزيع الخارصين مع العمق كان غير منتظم فقد سجل العمق الاول بالنسبة لموقع مخمور أعلى التراكيز ثم تدرجت بالانخفاض في العمق الثاني ثم العمق الثالث، وفي موقع الحمدانية كان اعلى التراكيز في العمق الثالث يليه العمق الاول واخيرا العمق الثاني، في حين موقع الشيخان كان هناك تدرج واضح في تركيز الخارصين اذ كان اعلى تركيز في العمق الاول يليه العمق الثاني ثم العمق الثالث، اما موقع زاخو فكان ذات سلوك مختلف قليلا عن المواقع الاخرى، اذ سجل العمق الثاني أعلى التراكيز يليه العمق الاول واخيرا العمق الثالث. لوحظ ان كمية النيكل (Ni) كانت أقل قيمة له في العمق السفلي لموقع مخمور ($111.5\ mg.kg^{-1}$)، في حين كانت أعلى قيمة للنيكل الكلي في العمق تحت السطحي لموقع زاخو فبلغت ($184.6\ mg.kg^{-1}$). اما توزيع النيكل عمودياً فقد أظهر تباينا ما بين الاعماق ، ففي موقع مخمور كان سلوك النيكل واضحا اذ احتوى العمق الاول على كميات اعلى من العمق الثاني وكانت أقل قيمة في العمق الثالث، في حين كان سلوك النيكل في موقع الحمدانية على العكس تماما فلوحظ أعلى قيمة في العمق الثالث يليها العمق الثاني ثم العمق الاول، وفي موقع الشيخان كانت اعلى قيمة في العمق الثاني يليها العمق الثالث ثم العمق الاول، اما في موقع زاخو فقد كان سلوك النيكل مغايرا قليلا اذ كان اعلى محتوى للنيكل في العمق الثاني يليه العمق الاول واخيرا العمق الثالث.

أظهرت النتائج ان كمية الرصاص (Pb) بلغت أقل قيمة لها في العمق الثاني لموقع مخمور ($8.4\ mg.kg^{-1}$)، في حين كانت أعلى قيمة للرصاص الكلي بلغت ($16.7\ mg.kg^{-1}$) والتي سجلت في العمق الاول لموقع زاخو. أما توزيع الرصاص خلال الاعماق أظهر سلوكا متشابها في مواقع مخمور والحمدانية وزاخو، فكان اعلى محتوى للرصاص في العمق الاول يليه العمق الثالث ثم العمق الثاني، في حين سلوك الرصاص خلال العمق في موقع الشيخان كان مغايرا تماما عن المواقع الاخرى، اذ اعلى محتوى للرصاص كان في العمق الثاني يليه العمق الاول ثم العمق الثالث. بالتالي، ان سبب عدم الانتظام في توزيع العناصر خلال الاعماق يرجع الى ظروف كل موقع لوحده من حيث التوزيع الحجمي لدقائق التربة والطوبوغرافية والظروف المناخية الخاصة بالسواقط، فضلا عن دور تجوية مادة الاصل الكلسية واختلاف توزيع وكمية المادة العضوية وكمية الطين وينعكس كل ذلك على توزيع العناصر خلال اعماق ترب الدراسة وهذه النتائج تتفق مع ما توصل اليه (جمال 1980 والطائي 2013 و Krishna و Govil، 2007) .

بغض النظر عن الاعماق فان ما تحويه ترب مواقع الدراسة من العناصر الثقيلة اظهرت ايضا تباينا واضحا ، حيث كان موقع مخمور > موقع الحمدانية > موقع الشيخان > موقع زاخو بالنسبة لعناصر (Cu, Zn, Pb)، اما بالنسبة لعناصر (Co, Ni) فكان موقع مخمور> موقع الشيخان > موقع الحمدانية > موقع زاخو، اما بالنسبة لعنصر (Cd) فكان تركيزه في موقع مخمور > الحمدانية = موقع الشيخان = موقع زاخو، اما عنصر (Mo) فأخذ سلوكا مختلف تماما فكان موقع الحمدانية > موقع مخمور > موقع الشيخان > موقع زاخو، ويعود السبب في تباين تراكيز العناصر في مواقع الدراسة الى العمليات البيدوجينية السائدة في كل منطقة من مناطق الدراسة، ففي تربة زاخو تزداد نسب المكونات الفتاتية والمقاومة على حساب فقدان المكونات والعناصر المتحركة نتيجة العمليات البيدوجينية وبذلك يكون محتواها من العناصر الثقيلة عالٍ عند مقارنتها مع ترب الشيخان والحمدانية ومخمور وهذا جاء متوافقا مع نتائج (Schaetz، 2006) لخصائص التربة المتعلقة بعمليات التجوية والعمليات البيدوجينية في ترب ميشيغان وكذلك جاء متوافقا مع نتائج (صالح والخفاجي، 2014) عند دراستهما لمستويات التجوية في مناطق شمال العراق. كما يعود هذا التباين ايضا بالدرجة الاساس لمحتوى الطين في التربة ، ففي دراسة (Banat، 1977) لجيوكيميائية العناصر الثقيلة Mn, Pb, Cu, Zn وتوزيعها في ترسبات نهر دجلة في المنطقة المحصورة بين الموصل وبغداد، فتوصلت الدراسة الى ان هذه الرواسب

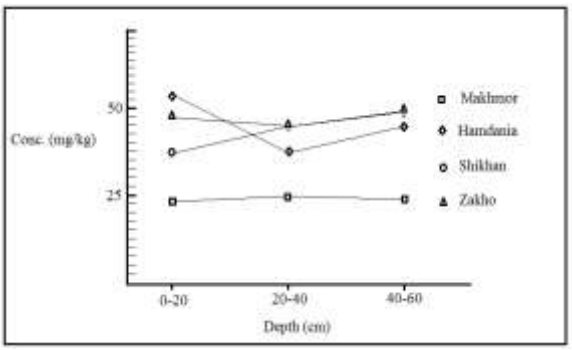
تحوي على تراكيز عالية من عنصري Cu, Pb في الجزء الطيني من رواسب نهر دجلة وعزا ذلك الى امتزاز هذه العناصر على المعادن الطينية أثناء الترسيب.

عند مقارنة تراكيز العناصر الثقيلة في مواقع الدراسة مع التركيز المتوسط العالمي للعناصر الثقيلة في الترب عالميا حسب (Lindsay، 1979) نجد ان ارتفاع تركيز الكادميوم (Cd) من بين العناصر الثقيلة المدروسة، اذ تجاوز تركيزه في جميع المواقع التركيز المتوسط العالمي للعناصر الثقيلة في الترب عالمياً، وعند مقارنة تركيز الكادميوم بأعلى تركيز لها يمكن ان يوجد في تربة غير ملوثة يتضح ان التركيز فاق الحد الأعلى للكادميوم ($0.7\ mg.kg^{-1}$) في ترب العالم وفي جميع المواقع (جدول 1)، اما تركيز الكوبلت (Co) فيتضح من خلال نفس الجدول انه فاق التركيز الأعلى لترب العالم ($40\ mg.kg^{-1}$) في مواقع الحمدانية والشيخان وزاخو باستثناء العمق الثاني لموقع الحمدانية والعمق الاول لموقع الشيخان اذ سجل التركيز ($37.6\ mg.kg^{-1}$) لكلا الموقعين، في حين موقع مخمور كان فيه تركيز الكوبلت تحت التركيز الاعلى لترب العالم ولجميع الاعماق، وبالنسبة لبقية العناصر الثقيلة المدروسة (Mo, Cu, Zn, Ni, Pb) لم تفوق التركيز الاعلى لترب العالم في جميع مواقع الدراسة ولجميع الاعماق (الشكل– 3).

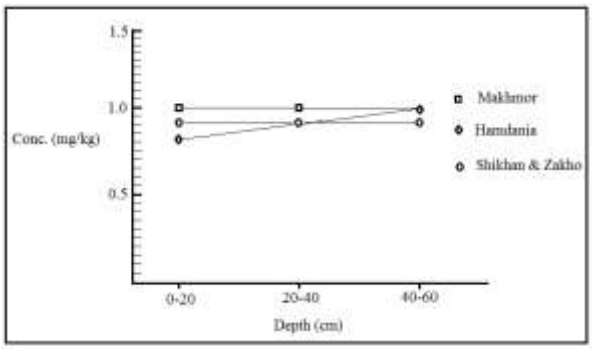
الجدول (2): التركيز الكلي للعناصر الثقيلة في ترب الدراسة مقارنة مع المتوسط والمدى العام للترب في العالم ($mg.kg^{-1}$)

العناصر Elements	التركيز الكلي Total Concentration ($mg.kg^{-1}$)												المدى العام للترب في العالم Common range in soil ($mg.kg^{-1}$)		
	مخمور Makhmor			الحمدانية Hamdania			الشيخان Shikhan			زاخو Zakho					
	0-20 (cm)	20-40 (cm)	40-60 (cm)	0-20 (cm)	20-40 (cm)	40-60 (cm)	0-20 (cm)	20-40 (cm)	40-60 (cm)	0-20 (cm)	20-40 (cm)	40-60 (cm)	Max.	Min.	Avrg.
Cd	1	1	1	0.8	0.9	1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.01	0.06
Co	23.0	24.6	23.7	53.2	37.6	43.2	37.6	45.2	48.3	47.2	45.0	48.6	40	1	8
Mo	3.5	4.2	3.3	3.7	3.2	4.4	3.2	2.7	4.6	3.6	3.3	3	5	0.2	2
Cu	24.2	25.6	22.0	27.8	31.1	36.3	29.6	34.9	34.2	37.1	39.9	35.0	100	2	30
Zn	58.0	53.2	51.1	69.9	69.6	74.6	70.2	74.3	76	86.2	87.2	85.1	300	10	50
Ni	115.4	112.9	111.5	128.4	140	147.2	126.1	144	138.3	182.1	184.6	178.1	500	5	40
Pb	12.0	8.4	9.8	13.6	12.5	13	13.6	15.2	13	16.7	15.8	16.6	200	2	10

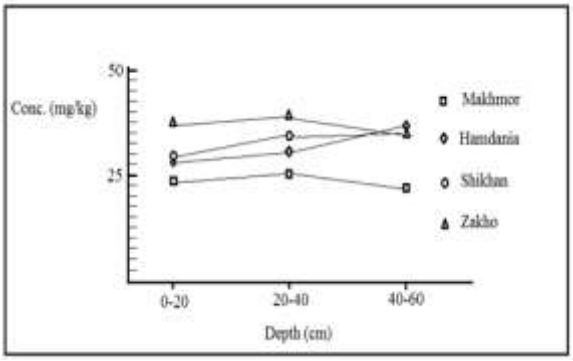
اظهرت نتائج معامل التلوث (CF) كما مبينة في الجدول (2) هناك اختلاف واضح في القيم بين مواقع الدراسة. نلاحظ ان اقل قيمة لمعامل التلوث (CF) للكادميوم كان في العمق الاول (0 – 20 cm) لموقع الحمدانية ($8\ mg.kg^{-1}$) وأعلى قيمة كانت في موقع مخمور ولجميع الاعماق ($10\ mg.kg^{-1}$)، في حين معامل التلوث (CF) للكوبلت (Co) بلغ أقل قيمة في العمق الاول لموقع مخمور ($0.95\ mg.kg^{-1}$) في حين كانت أعلى قيمة ($2.21\ mg.kg^{-1}$) والتي سجلت في العمق الاول (0 – 20 cm) لموقع الحمدانية. اما بالنسبة لمعامل التلوث (CF) للمولبدنيوم (Mo) فقد أظهرت الترب اختلافا طفيفا في القيم اذ تراوح بين ($2.9\ mg.\ kg^{-1}$) في العمق الثاني و ($4\ mg.\ kg^{-1}$) في العمق الثالث لموقع الشيخان على الترتيب. وجد ان معامل التلوث (CF) للنحاس (Cu) بلغ أقل قيمة في العمق الثالث لموقع مخمور ($0.88\ mg.kg^{-1}$) وأعلى قيمة ($1.59\ mg.\ kg^{-1}$) في العمق الثاني لموقع زاخو. اما الخارصين (Zn) فقد كان معامل التلوث (CF) فيه متباينا ايضا اذ كانت أقل قيمة في العمق الثالث لموقع مخمور($0.78\ mg.kg^{-1}$) بينما كانت أعلى قيمة ($1.34\ mg.kg^{-1}$) والتي سجلت في العمق الثاني لموقع زاخو. كذلك وجد ان معامل التلوث (CF) للنيكل (Ni) ظهر فيه تباينا فبلغت أقل قيمة في العمق الثالث لموقع مخمور ($1.99\ mg.kg^{-1}$) وأعلى قيمة للنيكل الكلي في العمق الثاني لموقع زاخو والتي بلغت ($3.29\ mg.kg^{-1}$). اما معامل التلوث (CF) للرصاص (Pb) أظهر تفاوتاً واضحا اذ بلغ أقل قيمة في العمق الثاني لموقع مخمور ($0.56\ mg.kg^{-1}$) بينما أعلى قيمة للرصاص الكلي بلغت (1.12 $mg.kg^{-1}$) والتي سجلت في العمق الاول والعمق الثالث لموقع زاخو (جدول 3).



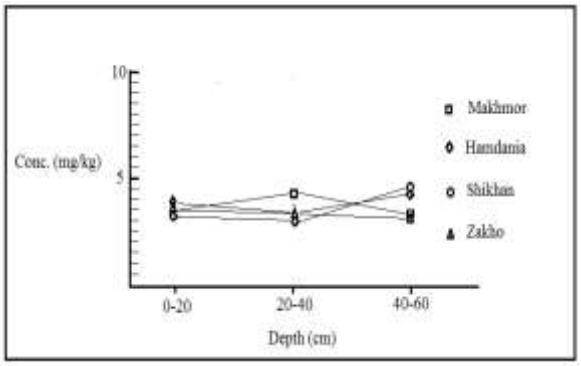
سلوك الكوبلت



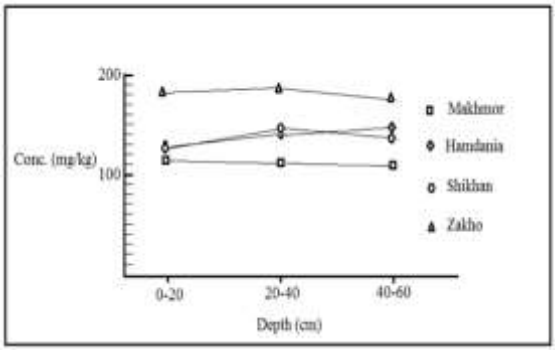
سلوك الكادميوم



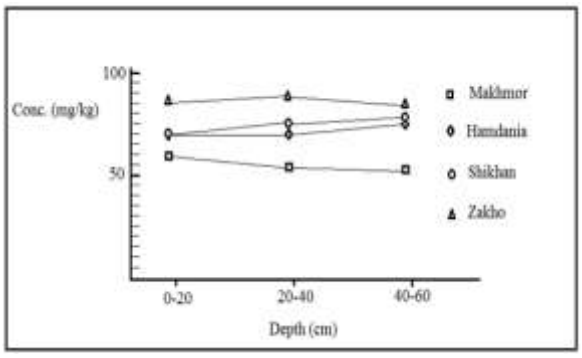
سلوك النحاس



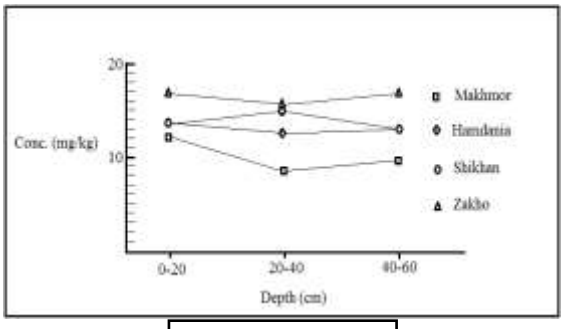
سلوك المولبدنيوم



سلوك النيكل



سلوك الخارصين



سلوك الرصاص

الشكل-3 :طبيعة توزيع العناصر الثقيلة خلال الاعماق في ترب مواقع الدراسة.

وعند اخذ معدل معامل التلوث للأعماق الثلاثة نجد ان قيمة (CF) للعناصر اظهرت ايضا تباينا واضحا، اذ كان معامل التلوث (CF) بالنسبة لمواقع مخمور والحمدانية والشيخان كالتالي:

Cd>Mo>Ni>Co>Cu>Zn>Pb

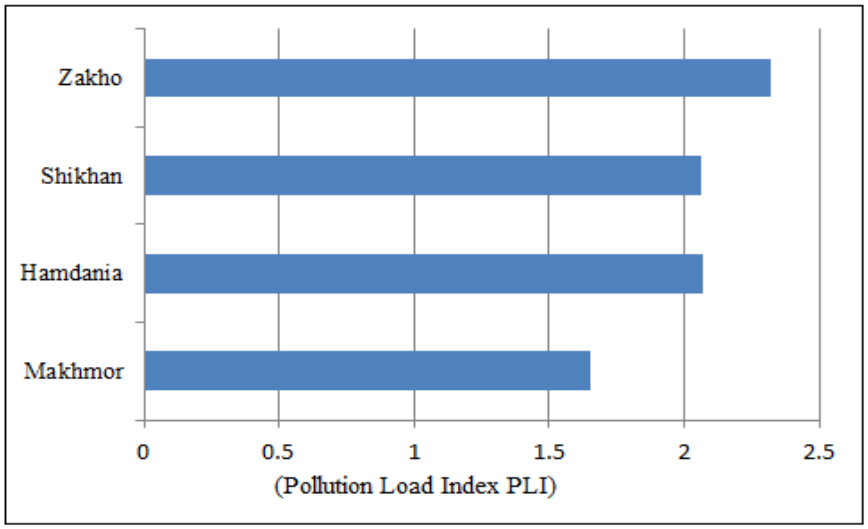
اما بالنسبة لموقع زاخو كان الاختلاف طفيفا جدا بين (Ni) و (Mo) اذ كان معامل التلوث (CF) :

Cd >Ni>Mo>Co>Cu>Zn>Pb

جدول (3): دليل تلوث التربة بالعنصر في (CF) ودليل حمل الملوثات (PLI) لترب الدراسة.

Elements	Depth	Makhmor	Avg.	Hamdania	Avg.	Shikhan	Avg.	Zakho	Avg.
Cd	0 – 20	10	10	8	9	9	9	9	9
	20 - 40	10		9		9		9	
	40 - 60	10		10		9		9	
Co	0 – 20	0.95	0.98	2.21	1.85	1.56	1.81	1.96	1.95
	20 - 40	1.02		1.56		1.88		1.87	
	40 - 60	0.98		1.80		2.01		2.02	
Mo	0 – 20	3.18	3.33	3.36	3.42	2.90	3.17	3.27	2.99
	20 - 40	3.81		2.90		2.45		3.00	
	40 - 60	3.00		4.00		4.18		2.72	
Cu	0 – 20	0.96	0.95	1.11	1.26	1.18	1.31	1.48	1.49
	20 - 40	1.02		1.24		1.39		1.59	
	40 - 60	0.88		1.45		1.36		1.40	
Zn	0 – 20	0.89	0.82	1.07	1.09	1.08	1.12	1.32	1.32
	20 - 40	0.81		1.07		1.14		1.34	
	40 - 60	0.78		1.14		1.16		1.30	
Ni	0 – 20	2.06	2.02	2.29	2.47	2.25	2.42	3.25	3.24
	20 - 40	2.01		2.50		2.57		3.29	
	40 - 60	1.99		2.62		2.46		3.18	
Pb	0 – 20	0.81	0.67	0.91	0.87	0.91	0.93	1.12	1.10
	20 - 40	0.56		0.84		1.02		1.06	
	40 - 60	0.66		0.87		0.87		1.12	
PLI	0 – 20	1.71	1.65	2.03	2.07	1.94	2.06	2.36	2.32
	20 - 40	1.66		1.96		2.08		2.33	
	40 - 60	1.59		2.22		2.16		2.28	

اظهرت نتائج دليل حمل الترب للملوثات (PLI) وكما مبينة في الجدول (2) ان هناك اختلاف ما بين الترب والاعماق، ففي تربتي مخمور وزاخو كانت قيمة (PLI) متشابهة من حيث طبيعة توزيعها خلال الاعماق، اذ ان اعلى القيم كانت في العمق الاول (0 – 20 cm) يليها العمق الثاني (20 – 40 cm) واقل القيم كانت في العمق الثالث (40 – 60 cm)، وبالنسبة لتربة الشيخان كانت على العكس تماما من تربتي مخمور وزاخو من حيث قيمة (PLI) خلال الاعماق، لوحظ ان العمق الثالث (40 – 60 cm) احتوى على اعلى القيم ثم العمق الثاني (20 – 40 cm) واقل القيم كانت في العمق الاول (0 – 20 cm)، اما في تربة الحمدانية كانت مختلفة قليلا، فان اعلى القيم كان في العمق الثالث (40 – 60 cm) ثم العمق الاول (0 – 20 cm) واقل القيم كانت في العمق الثاني (20 – 40 cm). بغض النظر عن الاعماق نجد دليل حمل التلوث (PLI) كان متباينا في مواقع الدراسة اذ كان موقع زاخو > موقع الحمدانية > موقع الشيخان > موقع مخمور (2.32 , 2.06 , 2.07 , 1.65) على التتابع (الشكل 4) .



الشكل (4): دليل حمل تلوث التربة (PLI) لمواقع الدراسة.

المصادر:

جمال، محمد علي (1980). مستوى صور المولبدنيوم والنحاس وجاهزيتهما للنبات في بعض الترب الرسوبية الكلسية. رسالة ماجستير. جامعة بغداد. كلية الزراعة.

صالح، عادل مولود والخفاجي ، قحطان درويش (2014)، دراسة التغاير في مستويات التجوية لبعض الترب المتكونة تحت ظروف مناخية مختلفة من شمال العراق. مجلة زراعة الرافدين– المجلد42، العدد3.

الطائي، أحمد سمير (2013). التوزيع البيدوجيني للحديد والمنغنيز والزنك والنحاس في مفصولات ترب (Aridisols) من شمال العراق. رسالة ماجستير، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل.

Abrahim, G. M.S. and R. J. Parker. (2008). Assessment of Heavy Metal Enrichment Factors and the Degree of Contamination in Marine Sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. Environ Monit Assess, 136: 227-238.

Al-Farraj, A.S. and M.I. Al-Wabel. (2007a). Evaluation of soil pollution around MahadAD'Dahab Mine. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 6 (2):89-106.

Alloway, B.J. (1990). Heavy Metals in Soils. John Wiley and Sons, Inc. New York.

Al-Otabi, T.G. and A.S. Al-Farraj. (2009). Heavy Metals Accumulation by *Ochradenus baccatus* Plant Grown on Mining Area at Mahad AD'Dahab, Saudi Arabi. Jouranl of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 7: 459- 468.

Angulo, E. (1996) The Tomllinson Pollution Load Index Applied to Heavy Metals "Mussel-Watch" Data: A Useful Index to Assess Coastal Pollution. *Science of the Total Environment*, 187, 19-56.

Banat, K., (1977). Geochemical study of heavy metals and major ions from the Tigris River between Baghdad and Mosul. Jour. Geol. Soc. Iraq, Special Essue , pp. 47-56.

Chen, T.B. W.J.C. Wong; H.Y. Zhou; and M.H. Wong. (1997). Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soil of Hong kong. Environmental Pollution. 96:61-68.

Gee and Bauder .(1986) . Partical size analysis in methods of soil analysis . Part(1) . Physical and mineralogical methods (2 nd .ed) .A. Klute : 383- 409 .

Kelly, J.; I. Thornton; and P.R Simpson. (1996). Urban geochemistry: A study of the influence of anthropogenic activity on the heavy metal content of soils in traditionally industrial and non-industrial areas of Britain. Applied Geochemistry. 11:363- 370.

Krishna AK, Govil PK (2007) Soil Contamination due to Heavy Metals from an Industrial Area of Surat, Gujarat, Western India. *Environ Moni Assess* 124, 263-275

Lindsay, W. (1979). Chemical equilibrai in soils. 1st edition. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley and Sons, New York.

Liu, W.H., J.Z. Zhao, Z.Y. Ouyang, L. Solderland and G.H. Liu, (2005b). Impacts of Sewage Irrigation on Heavy Metal Distribution and Contamination in Beijing, China. Environ. Intl., 32: 805-812.

Manta, D.S.; M. Angelone; A. Bellanca; R Neri; and M. Sprovieri. (2002). Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. Science of the Total Environment. 300:229-243.

Nagajyoti PC, LeeKD, Sreekanth TVM(2010) Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. Environ Chem Lett 8(3):199–216.

Page, A.L., R.H. Miller and keeney. (1982) . Method of soil analysis part (2) . 2nd ed . Agronomy (a) madison . Wisconson .

Ryan, J., Garabet, S., Harmsen, K. and Abdul Rashid (1996). A Soil and Plant Analysis Manual, Adapted For West Asia and North Africa Region / International Center for Agriculture Research in The Dry Area (ICARDA.I.)

Schaetzl, R. J., L. R. Mikesell, and M. A. Velbel (2006): Soil characteristics related to weathering and pedogenesis across a geomorphic surface of uniform age in michigan. *Physical Geography . 27: 170-188.*

Singh, V.P. (2005). Toxic metals and environmental issues. Sarup & Sons. New Delhi. Pp. 362.

Tandon HLS. (1998). Methods of Analysis of Soils, Waters, Plants and Fertilizers. Fertilizer development and consultation organization. 204-Bahanet Corner, New-Delhi, India.

Tomllinson, D.C., Wilson, J.G., Harris, C.R. and Jeffrey, D.W. (1980) Problems in the Assessment of Heavy Metals Levels in Estuaries and The formation of Pollution Index. *Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, 33, 566-569

Usero, U., Garcia, A. and Fraidias, J. (2000) Calidad de lasaguasysedimentos del LitoralAndaluz. In: Sevilla, Ed., *Junta de Andalicia*, Consejeria del Medio Ambiente, 164

Zheljazkov, V.; and N. E. Nielsen. (1996). Effect of heavy metals on peppermint and cornmint. Plant Soil 178:59–66.