دراسة بيئية لتراكيز بعض المعادن الثقيلة في تُرب مُلوثة بالألغام والمخلفات الحربية في محافظة البصرة

الباحث. عبدالكريم عبدالله حنتوش أ.د. شكري إبراهيم الحسن

كلية الآداب/ قسم الجغرافيا/ جامعة البصرة

Email: astadhkrym14@gmail.com

Email: shukre.alhassan@uobasrah.edu.iq

الملخص

تهدفُ هذه الدراسةُ إلى الكشف عن وجود تراكيز بعض المعادن الثقيلة في عينات لترب ملوثة بالألغام والمخلفات الحربية في محافظة البصرة. وتقييم نمط التباين المكاني لتراكيزها ومدى مساهمة بقايا الألغام والمخلفات الحربية في تلويث التربة بهذه العناصر السامة. وتم اختيار فحص ثلاثة معادن ثقيلة وهي: الحديد Fe، والرصاص Pb، والنحاس Cu؛ لكون أن التحلل المعدني للألغام والمخلفات الحربية قد يُسهم بالجزء الأكبر من تلويثها للبيئة. إذ تم جمع عينات للتربة خلال المدة من كانون الثاني ٢٠٢١ لغاية آذار ٢٠٢٢، من ١٣ موقعاً حيثما تواجدت بقايا لألغام والمخلفات الحربية. وتم فحص العينات باستخدام تقنية الامتصاص الذري الطيفي.

وأظهرت النتائجُ أن تراكيزَ المعادنِ الثقيلة المختارة كانت مرتفعة في معظم العينات إذا ما تم مقارنتها مع العينة المرجعية. وبلغت أقصى تراكيز للحديد Fe ١٤٥١٠ مايكغم/غم، الرصاص ٢٤٩ مايكغم/ غم، النحاس ٥٣٢,٧ مايكغم/ غم. وبهذا تشير النتائج إلى أن التلوثَ بالألغام والمخلفات الحربية له تأثير كبير في زيادة تراكيز هذه الملوثات بهذا القدر الكبير. وعلى الرغم من أنهُ لم يكن هنالك نمطاً مكانياً واضحاً لتراكيز هذه المعادن، فإن التركيز المرتفع لهذه الملوثات السمية، قد يجعل الأراضي الملوثة بها بؤراً ساخنة من الناحية البيئية.

الكلمات المفتاحية: تلوث، معادن ثقيلة، ألغام، مخلفات حربية، محافظة البصرة.

An Environmental Study of Heavy Metals selected from Soils contaminated by Mines & Remnants of War in Basrah Governorate

Researcher. Abdul Kareem Abdullah Hantoush
Prof. Dr. Shukri Ibrahim Al Hassen
College of Arts/ Dept. of Geography / University of Basrah
Email: astadhkrym14@gmail.com
Email: shukre.alhassan@uobasrah.edu.iq

Abstract

This study aims to detect the presence and concentrations of some heavy metals in samples of soils contaminated with mines and military remnants in Basra Governorate. It also evaluate the spatial variation pattern of their concentrations and the extent of the contribution of mines and war remnants to soil contamination with these toxic elements. Three heavy metals were chosen to be examined: Fe, Pb, and Cu, because the metallic decomposition of mines and military remnants may contribute to the bulk of their pollution to the environment. Soil samples were collected during the period from January 2021 to March 2022, from 13 sites where there were remnants of mines and war remnants. The samples were examined using atomic absorption spectroscopy.

The results showed that the concentrations of the selected heavy metals were high in most of the samples if they were compared with the reference sample. The maximum concentrations of Fe were 14510 µg/g for Fe, 249 µg/g for Pb, and 532.7 µg/g for Cu. These results indicate that the contamination of mines and military remnants has an effect on increasing the concentrations of these pollutants to such a large extent. Although there was no clear spatial pattern for the concentrations of these metals, the high concentration of these toxic pollutants may make the polluted lands environmentally hot spots.

Key Words. Pollution, Heavy Metals, Mines, Remnants of War, Basra Governorate.

المقدمة

أولاً: توطئة

للحروب خسائر خفية، تختلف عن خسائرها المباشرة التي تزهق الأرواح أو تدمر الممتلكات في أثناء احتدام المعارك بين الأطراف المتنازعة؛ بل هي خسائر من نوع آخر لا يمكن ملاحظتها إلا بعد مرور زمن طويل على انتهاء تلك الحروب. ومن أمثال ذلك المخلفات الحربية والألغام التي تُترك على أرض المعارك وتظل تشكل خطراً مميتاً أو تسبب تدهوراً بيئياً ولو بعد حين. فعلى سبيل المثال، تذكرت إحدى الدراسات الأمريكية[١]، التي أجريت بعد حرب الخليج ١٩٩١ أن القوات العراقية قامت بزرع ملايين الألغام تحت الأرض لإعاقة تقدم قوات التحالف، فضلاً عن الصحراء العراقية باتت مليئة بالقنابل العنقودية التي ألقتها طائراتُ قوات التحالف، وأن هنالك انتشاراً لذخائر غير منفلقة على مساحات شاسعة من الأراضي داخل العراق، وهو سبب يؤدي إلى قتل شبه يومي لأشخاص لم تكن لهم علاقة بالحرب.

فضلاً عن ذلك، يمكن أن يتخلف عن الألغام والمخلفات الحربية المتروكة لمدة طويلة في أرض المعركة بعض التأثيرات السلبية على مكونات البيئة؛ ولعل التربةَ من أهم هذه المكونات المتضررة من العمليات العسكرية وآثارها. إذ يمكن أن يؤدي وجود بقايا الألغام والمخلفات الحربية وبتأثيرٍ من الظروف الجوية والبيئية المحيطة إلى تحلل مكونات تلك الألغام والمخلفات مع مرور الزمن وامتزاج المواد المصنعة منها وبخاصة المعادن الثقيلة في ذرات التربة المطمورة فيها ومن ثم العمل على تلويثها؛ ولذا جاءت هذه الدراسة كمحاولة أولى لاستقصاء هذه المشكلة علمياً ضمن الرقعة الجغرافية لمحافظة البصرة التي كانت مسرحاً لحروب عدة منها الحرب العراقية – الإيرانية في الثمانينات وحرب الخليج ١٩٩١ وحرب العراق ٢٠٠٣، مع وجوب الإشارة إلى أنه لا توجد سوى دراسة واحدة ناقشت موضوعَ التلوثِ بالألغام والمخلفات الحربية ضمن منطقة الدراسة وهي دراسة أحمد جاسم محمد[٢]، بالرغم من أنها لم تلتفتْ إلى موضوع التلوث بالمعادن الثقيلة على نحو الخصوص.

ثانياً: المنهجية

(١) مشكلة الدراسة: يمكن تحديد مشكلة الدراسة بالتساؤلات الآتية:

أ- ما مدى مساهمة انتشار الألغام والمخلفات الحربية في تلويث التربة ببعض المعادن الثقيلة؟.

ب- ما مدى خطورة وتراكيز المعادن الثقيلة في تربة المواقع المختارة؟.

(٢) فرضية الدراسة: تفترض الدراسة الآتي:

أ- إن انتشارَ الألغامِ والمخلفات الحربية قد يُسهمُ في تلويث التربةِ بالمعادن الثقيلة.

ب- ربما لا تقل خطورة تلوث التربة بالمعادن الثقيلة عن خطورة الألغام والمخلفات الحربية نفسها.

(٣) أهمية الدراسة

تكمن أهمية هذه الدراسة في كونها تختص بتحليل دقيق لأحد مخاطر انتشار الألغام والمخلفات الحربية الناجمة عن حروب سابقة تعرضت لها منطقةُ الدراسةِ بشكل خاص؛ و ذلك هو خطر التلوث بالمعادن الثقيلة في الترب التي تحتوي على تلك الألغام والمخلفات الحربية من ذخائر غير منفلقة وغيرها. إن مثل هذه الدراسة البيئية التخصصية يمكن أن تكشفَ عن واحد من الأضرار الخفية التي تسببها الحروب حتى لو مضى على انتهائها زمن طويل.

(٤) أهداف الدراسة

يمكن تحديد أهداف الدراسة بالآتي:

أ- بيان مدى دور ومساهمة الألغام والمخلفات الحربية المتواجدة فوق أراضي معارك سابقة أو مدفونة فيها، في تلويث التربة.

ب- معرفة التوزيع المكاني لتراكيز بعض العناصر الثقيلة المتحللة في ترب ملوثة بالألغام والمخلفات الحربية ضمن منطقة الدراسة.

(٥) مبررات الدراسة

هنالك مبررات تدعو إلى إجراء هذه الدراسة:

أ- افتقار منطقة الدراسة إلى مثل هذه الدراسات المتخصصة التي تعنى بالتحليل البيئي لمشكلة التلوث بالألغام والمخلفات الحربية.

ب- الحاجة إلى الكشف عن إمكانية مساهمة انتشار الألغام والمخلفات الحربية في تلويث التربة ببعض المعادن الثقيلة.

(٦) منهج الدراسة

انتهجت الدراسةُ المنهجَ التحليلي المكاني والتوزيع الجغرافي لتراكيز التلوث بالعناصر الثقيلة في عينات الترب المختارة ضمن منطقة الدراسة. فضلاً عن اتباع الدراسة التجريبية المختبرية لعينات الترب المختارة.

(٧) منطقة الدراسة وحدودها

فلكياً تقع منطقة الدراسة (الممثلة بمحافظة البصرة) بين دائرتي عرض (٣١،٢٠ْ ٢٩,٠٥) شمالاً وقوسي طول (٤٦,٤٠-٤٨,٤٠ْ) شرقاً، أما جغرافياً فتقع محافظة البصرة في أقصى جنوب شرقي العراق، ويحدها من الشرق إيران، ومن الجنوب والجنوب الشرقي الكويت ومياه الخليج العربي ومن الغرب محافظتي ذي قار والمثنى، ومن الشمال محافظة ميسان. وتبلغ المساحة الكلية للمحافظة حوالي ١٩٠٧٠ كم^{٢} (19,70,000,000 متراً مربعاً). وتتقسم منطقة الدراسة إدارياً إلى تسع وحدات تتمثل بأقضية البصرة، الزبير، أبي الخصيب، شط العرب، القرنة، الفاو، المديّنة، الهارثة، والدير (لاحظ الشكل ١).

الشكل (١): خريطة منطقة الدراسة (محافظة البصرة) وموقعها الفلكي ووحداتها الإدارية وموقعها بالنسبة إلى العراق.

المصدر: وزارة البلديات والأشغال العامة، بلدية البصرة، قسم التخطيط والمتابعة، خريطة محافظة البصرة بمقياس ١/٢٤٠٠، برنامج (ARC GIS. 10.8) المرئية الفضائية للقمر الصناعي (WorldView-2).

يتصف مُناخ منطقة الدراسة ضمن المناطق شبه المدارية التي تتأثر بالعروض الحارة والجافة، وزاوية سقوط الإشعاع الشمسي تكون عمودية وشبه العمودية في تلك العروض ولاسيما في فصل الصيف وزيادة النهار الطويل، أما فصل الشتاء فزاوية سقوط الإشعاع الشمسي فيه بميلان وقصر طول النهار، وبهذا يكون أبردَ من ناحية درجات الحرارة وموسماً لهطول الأمطار[٣]. أما طبيعة السطح والتكوين الجيولوجي، فيتصف السطحُ بالانبساط العام مع الانحدار البطيء وعدم وجود تضاريس وموانع بارزة عدا بعض المظاهر الجيومرفولوجية المتناثرة هنا وهناك كالمنخفضات وكتوف الأنهار الواطئة والوديان ويمثل السطحُ جيولوجياً امتداداً للأراضي التابعة للسهل الرسوبي والهضبة الغربية[٤]. أما خصائص التربة فهي تكون في العموم ذات نسجة ناعمة–أي– ذات قوام طيني غريني في الجانب الشرقي من منطقة الدراسة، فيمَ تكون خشنة النسجة وذات قوام رملي في الجانب الجنوبي الغربي[٥].

وأبرز الموارد المائية الموجودة في منطقة الدراسة هي المياه السطحية المتمثلة في أنهر شط العرب ودجلة والمجرى التابع إلى الفرات سابقاً، فضلاً عن بعض المسطحات المائية المتمثلة بالأهوار في القسم الشمالي الغربي من منطقة الدراسة، والمياه الجوفية في القسم الجنوبي الغربي وشريط ضيق من الخليج العربي في القسم الجنوبي الشرقي[٦].

وبحسب تقديرات جهاز المركزي الإحصائي يبلغ عدد سكان محافظة البصرة لسنة ٢٠٢١ حوالي 3,141,898 نسمة[٧]. أما أهم الأنشطة الاقتصادية الرئيسة في محافظة البصرة فهي تلك المتعلقة بالزراعية والنفطية والصناعية فضلاً عن الصيد والرعي.

ثالثاً: المفاهيم

يمكن تعريف بعض المفاهيم المتعلقة بالدراسة الحالية، بالشكل الآتي:

(١) التلوث Pollution: أي تغيير مباشر أو غير مباشر يطرأُ على الخصائص الفيزيائية والكيمائية والبيولوجية والإشعاعية في أي جزء من أجزاء البيئة؛ ذلك من جراء تصريف أو ترسيب الفضلات أو انبعاثات مواد كيمياوية تؤثر على البيئة تأثيراً ضاراً مما يهددُ السلامة ويسبب خطورة على الصحة البشرية والأحياء النباتية والحيوانية[٨].

(٢) المعادن الثقيلة Heavy Metals: عبارة عن عناصر معدنية لها وزن ذري عالٍ (مثل: النحاس، الرصاص، النيكل، الحديد، الكادميوم، الكوبلت.. الخ). ويمكنها التسبب بضرر للكائنات الحية حتى لو كان وجودها في البيئة بتراكيز ضئيلة، كما إنها تميل للتراكم في السلسلة الغذائية[٩]. وتكمن خطورةُ المعادن الثقيلة في قابليتها للتحول إلى مركّبات سمّية بمرور الزمن، وكذلك في أنصاف أعمارها Life–half الطويلة نسبياً[١٠]. وغالباً ما يكون وجود المعادن الثقيلة في البيئة دليلاً على تعرضها للتلوث[١١].

وقد اختارت الدراسة الحالية فحص ثلاثة عناصر من المعادن الثقيلة وهي كل من: الحديد Fe، والنحاس Cu، والرصاص Pb.

(٣) الألغام والمخلفات الحربية Mines and Remnants of War: يمكن تقسيم مفهوم الألغام والمخلفات الحربية إلى ما يلي:

أ- الألغام Mines: يُعرّف على أنه أوعية مصنوعة من المعدن أو البلاستيك وتحتوي على مفرقعات ومواد كيمياوية شديدة الانفجار ومجهزة بوسيلة إشعال أو تفجير حالما يتم الضغط عليها، وهي مصممة لقتل الأفراد وتدمير وتعطيل الآليات والدروع[١٢]. وعادةً ما يتم زرع الألغام الأرضية في ساحة المعركة من قبل الجهد الهندسي بطريقة تعيق التقدم ولا تدع مجالاً للعدو للتقدم. وفي حالة عدم إزالة هذه الألغام من أرض المعركة فإنها ستكون مصدراً خطيراً لأذى البشر والأحياء الأخرى ومصدراً لتلوث البيئة.

ب- الذخائر غير المنفلقة UXO: يمكن تعريف الذخائر غير المنفلقة Unexploded ordnance (التي يرمز لها إختصاراً UXO) على أنها الذخائر غير القابلة للانفجار التي تُرِكت في أرض المعارك؛ لكنها لم تنفجر بعد. ويمكن أن تكونَ هذه المخلفات عرضةً للانفجار حتى بعد مضي وقت طويل من انتهاء الحرب، ما تم العبث بها والتعامل معها بشكل غير صحيح، والأمر الذي قد يسبب وقوعَ خسائر في الأرواح البشرية والكائنات الحية على حد سواء.

ج – المتساقطات المتفجرة (القنابل العنقودية Cluster Munitions): سُميت بهذا الاسم؛ كونها تلقى من الطائرات غالباً، وتتصف بقدرتها العالية على الانتشار حول الهدف المقصود وتغطية أجزاء واسعة في أرض المعركة. واُستخدمت القنابل العنقودية Cluster Munitions بشكل مكثف من قبل قوات التحالف من خلال حرب الخليج عام ١٩٩١ وحرب العراق عام ٢٠٠٣، وتسببت عمليات الاستخدام هذه بسقوط أعداد كبيرة من الضحايا في صفوف العسكريين والمدنيين العراقيين على حد سواء، وما زالت آثارها موجودة إلى يومنا هذا. وهنالك أنواع مختلفة من القنابل العنقودية ومنها ما يسمى بـ BLU-97 -BLU-63 وM42. وتتصف هذه الأنواع باستشعار العالي للأفراد، إذ أنها تنفجر مجرد حدوث أدنى حركة أو عند العبث بها دون علم مسبق.

د- المخلفات الحربية المختلفة ERW: تعرف أيضاً باسم المخلفات الحربية غير منفلقة القابلة للانفجار Explosive Remnants of WAR، وهي مخلفات القابلة للانفجار المكونة من الذخائر المتفجرة المتروكة بعد انتهاء الحرب. وتتضمن حشوات المدفعية غير المنفجرة والقنابل اليدوية، وقنابل الهاونات، والصواريخ، والقنابل المسقطة من الطائرات وغيرها ويمكن أنْ تشملَ أيضاً المتفجرات المتروكة فيما عدا الألغام[١٣].

رابعاً: كميات الألغام والمخلفات الحربية في منطقة الدراسة

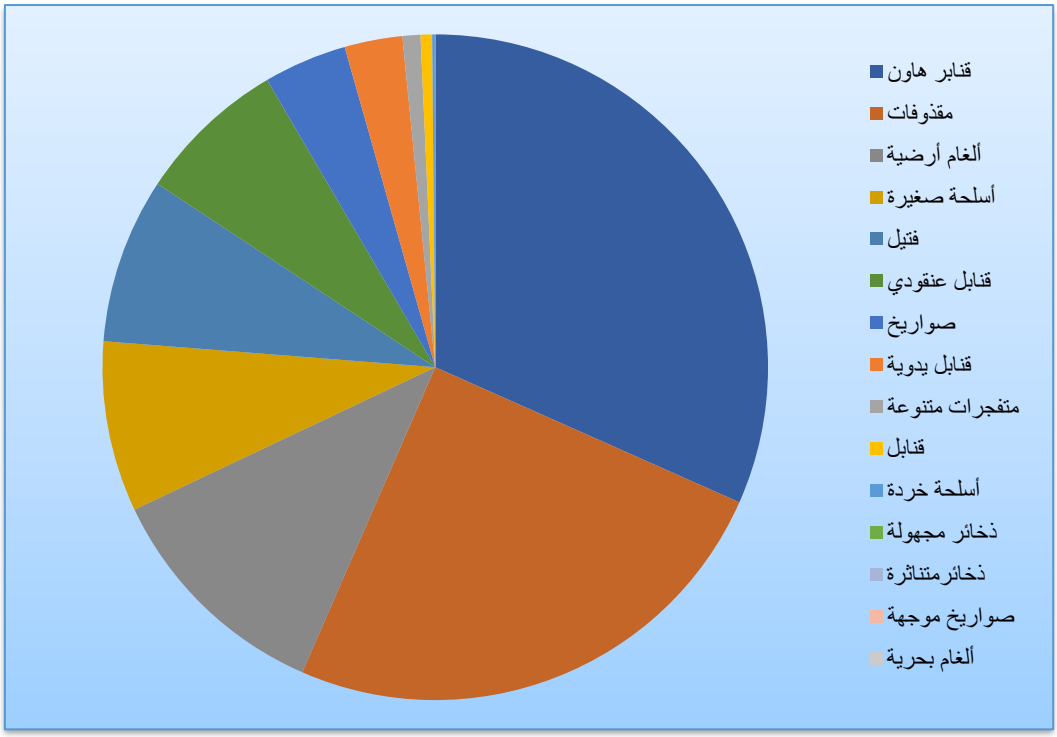
لابد من إعطاء لمحة عن موقف التلوث بالألغام والمخلفات الحربية ضمن منطقة الدراسة. إذ يبين الجدول (١) والممثل بياناً بالشكل (٢)، كشفاً عن كمية الأعتدة والمخلفات الحربية التي جرى جمعها ضمن الرقعة الجغرافية لمنطقة الدراسة خلال المدة ٢٠٠٨- ٢٠٢١. إذ يظهر بوضوح العدد الكبير لقنابر الهاونات (لاحظ مثلاً الشكل ٣ و ٤) التي قارب عددها ٧٩٠٢٩ قنبرة وبنسبة مئوية ٣١,٤٢% قياساً إلى إجمالي عدد المخلفات، وثم جاءت بالمرتبة الثانية المقذوفات بعدد بلغ ٦٢١٣٧ مقذوفاً وبنسبة مئوية ٢٤,٨٩% ثم تأتي الألغام الأرضية ثالثاً بعدد قارب ٢٨٥١٤ لغماً ونسبة مئوية ١١,٤٢%، أما أقل المخلفات الحربية التي وجدت خلال المدة المذكور منها الألغام البحرية وكان عددها لغم واحد فقط.

الجدول (١): كمية المخلفات الحربية المكتشفة في محافظة البصرة خلال المدة ٢٠٠٨ – ٢٠٢١.

ت	نوع المخلفات	الكمية*	النسبة المئوية قياساً إلى المجموع (%)
١	قنابر هاون	٧٩٠٢٩	31.66
٢	مقذوفات	٦٢١٣٧	24.89
٣	ألغام أرضية	٢٨٥١٤	11.42
٤	أسلحة صغيرة	٢٠٦٧٨	8.28
٥	فتيل	٢٠٠٤٤	8.03
٦	قنابل عنقودي	١٨١٨٤	7.28
٧	صواريخ	١٠٠٨٥	4.04
٨	قنابل يدوية	٧٠٢١	2.81
٩	متفجرات متنوعة	٢١٧٤	0.87
١٠	قنابل مدفعية	١٣٩١	0.56
١١	أسلحة خردة	٣٤٩	0.14
١٢	ذخائر مجهولة	١٥	0.01
١٣	ذخائر متناثرة	٩	0.001
١٤	صواريخ موجهة	١	0.001
١٥	ألغام بحرية	١	0.001
العدد الإجمالي		٢٤٩٦٣٢	%100

*** المصدر: وزارة البيئة، المركز الإقليمي الجنوبي لشؤون الألغام، جرد المخلفات الحربية، ٢٠٢١ (بيانات غير منشورة).**

الشكل (٢): التمثيل البياني لكمية المخلفات الحربية المكتشفة في محافظة البصرة للمدة ٢٠٠٨-٢٠٢١.



المصدر: اعتماداً على الجدول (١).

الشكل (٣): كدس لقنابر الهاون غير منفلقة والألغام المضادة تم جمعها من إحدى شركات إزالة الألغام ضمن منطقة الدراسة (قضاء شط العرب – ناحية عتبة).

المصدر: شركة الخبرة الفنية لإزالة الألغام والمقذوفات غير منفلقة ٢٠٢٢/٣/١٠.

الشكل (٤): كدس للألغام المضادة للأشخاص والدروع تم تجميعها بواسطة شركات إزالة الألغام ضمن مشروع مسار القناة الإروائية – الشلامجة

المصدر: بعدسة شركة الخبرة الفنية لإزالة الألغام والمقذوفات غير منفلقة ٢٠٢٠/١/١٥.

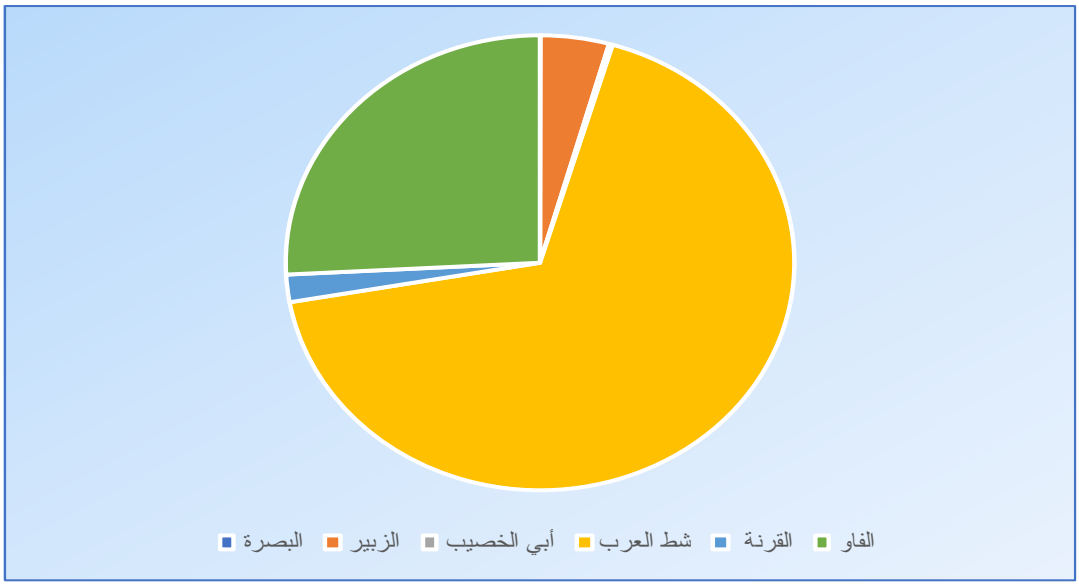
أما ما يتعلق بالمساحات الملوثة بالألغام والمخلفات الحربية في منطقة الدراسة، فإن الجدول (٢) والشكل (٥)، يتضح من خلاله أن أكبر المساحات الملوثة بأنواع المخلفات الحربية جميعها في منطقة الدراسة (محافظة البصرة) كانت في قضاء شط العرب بمساحة إجمالية تقدر 850,677,784 متراً مربعاً وبنسبة مئوية تبلغ ٦٧,٥٩%، فيمَ يحتل قضاء الفاو المرتبة الثانية بنسبة قدرها ٢٥,٨٢% وسبب ذلك؛ لأن المنطقتين أعلاه كانتا تمثلان الجبهات الرئيسة لمعارك الحرب العراقية – الإيرانية. فيمَ تأتي أقضية الزبير والقرنة وأبو الخصيب والبصرة بالترتيب الثالث والرابع والخامس والسادس بنسب مئوية تبلغ ٤,٣٥% و ١,٩٥% و ٠,٢٣% و ٠,٠٣% على التوالي.

الجدول (٢): المساحات الملوثة (المتر المربع) بالألغام والمخلفات الحربية بحسب الوحدات الإدارية في محافظة البصرة لسنة ٢٠٢١.

الوحدة الإدارية	حقول الألغام*	النسبة المئوية %	الذخائر غير المنفلقة في أرض المعركة*	النسبة المئوية %	القنابل العنقودية*	النسبة المئوية %	مخلفات حربية مختلفة*	النسبة المئوية %	المساحة الإجمالية لجميع أنواع المخلفات	النسبة المئوية %
البصرة	0	0	0	0	0	0	424,654	0.14	424,654	0.03
الزبير	5,755,551	0.68	3,165,849	4.06	40,965,412	98.05	4,873,722	1.64	54,760,534	4.35
أبي الخصيب	203,364	0.02	2,058,926	2.64	126,843	0.30	614,449	0.21	3,003,581	0.23
شط العرب	526,245,217	62.48	61,226,027	78.55	90,750	0.22	263,113,790	88.75	850,677,784	67.59
القرنة	19,488,290	2.31	3,780,540	4.85	259,917	0.62	1,090,782	0.37	24,619,529	1.95
الفاو	290,604,683	34.50	7,711,203	9.89	338,400	0.81	26,336,394	8.88	324,990,679	25.82
المدينة	لم تتوافر بيانات	.	لم تتوافر بيانات	.	لم تتوافر بيانات	.	لم تتوافر بيانات	.	.	.
الهارثة	لم تتوافر بيانات	.	لم تتوافر بيانات	.	لم تتوافر بيانات	.	لم تتوافر بيانات	.	.	.
المعيز	لم تتوافر بيانات	.	لم تتوافر بيانات	.	لم تتوافر بيانات	.	لم تتوافر بيانات	.	.	.

*** المصدر: وزارة البيئة، المركز الإقليمي الجنوبي لشؤون الألغام، مسوحات الأراضي الملوثة، ٢٠٢١ (بيانات غير منشورة).**

الشكل (٥): التمثيل البياني لنسب المساحات التلوث بمختلف أنواع المخلفات الحربية بحسب الوحدات الإدارية في محافظة البصرة لسنة ٢٠٢١.



المصدر: اعتماداً على الجدول (٢).

المواد وطريقة العمل

نظراً لقدم وجود الألغام والمخلفات الحربية في أرض منطقة الدراسة وتعرضها إلى ظروف بيئية وعوامل جوية مختلفة لسنوات طويلة فأنها تتعرض بفعل ذلك التآكل والتأكسد غالباً، ومن ثم تحلل مكوناتها أو المعدن الذي يحتويها في التربة التي دفنت فيها أو تركت عليها. لذا تم جمع (١٣) عينة من التربة المحيطة ببعض المخلفات الحربية ضمن أجزاء مختلفة من منطقة الدراسة (لاحظ الجدول ٣) والشكل (٦)، تم اختيار ثلاثة عناصر من المعادن الثقيلة التي يشتبه احتواء تلك المخلفات عليها ومنها الحديد Fe، النحاس Cu، الرصاص Pb لأجل فحصها مختبرياً بواسطة تقنية الامتصاص الذري الطيفي Atomic Absorption نوع SHIMADZU AA-7000 ياباني المنشأ. وأجريت الفحوصات في مختبر الامتصاص الذري التابع لمركز علوم البحار في جامعة البصرة، واعتمدت طريقة العمل الموصوفة في أدناه[١٤]:

تم جمع حوالي ١ كغم من التربة بالقرب من أماكن تواجد مخلفات حربية على عمق ١٠ سم ووضعها في كيس بلاستيكي محكم الإغلاق (الشكل ٧). ثم تم وزن ٠,٥ غم تربة جافة من العينة، ثم وضعها في أوعية خاصة تسمى التفلون Teflon وإضافة ٦ مل مزيج من حامض

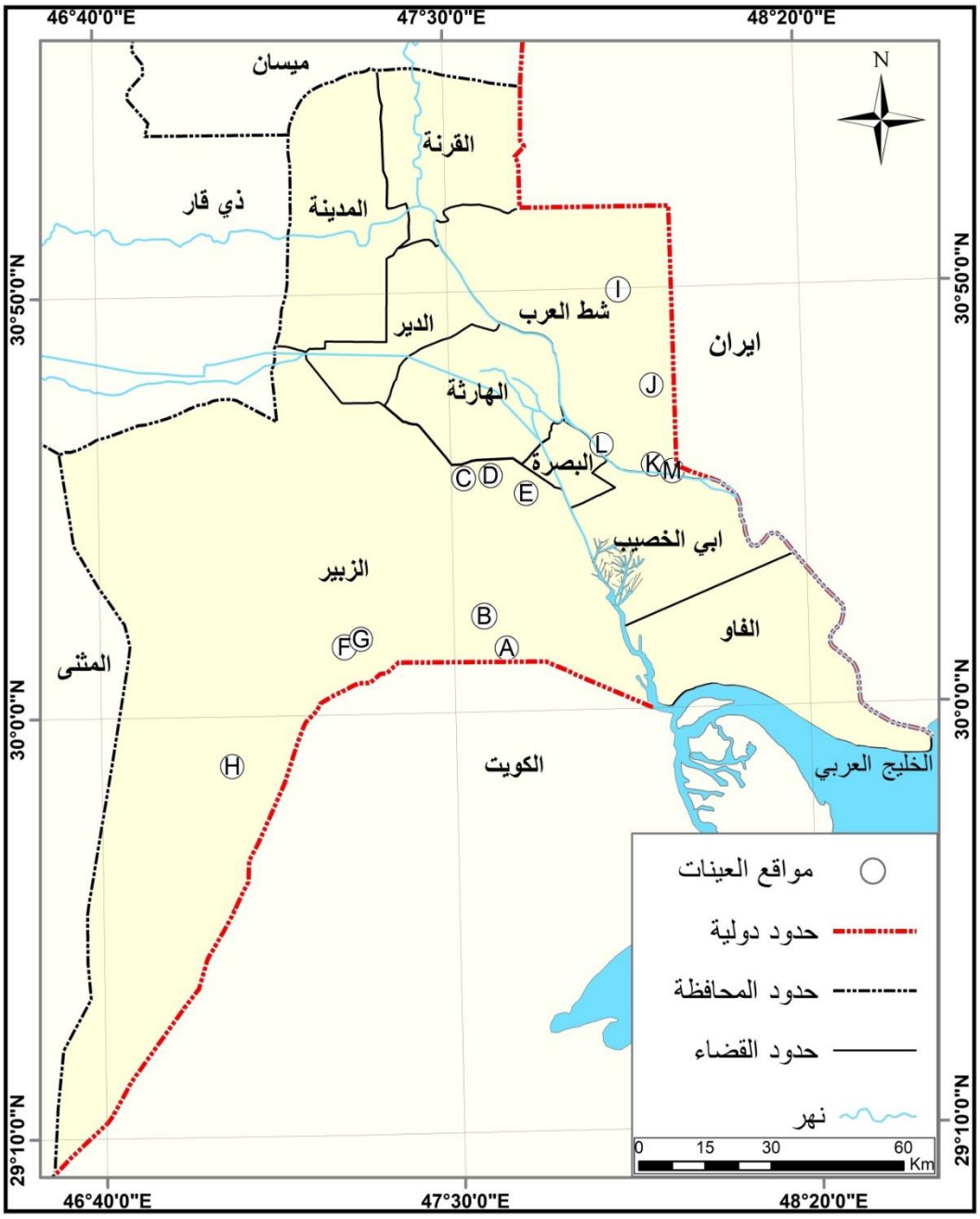
الهيدروكلوريك HCL وحامض النتريك المركز HNO3 بنسبة ١=١، ثم تسخين العينة على جهاز الهضم Digestion بحرارة ٨٠ – ١٠٠ مْ لحين تبخر المحلول قرب الجفاف. ثم يضاف إلى العينة ٤ مل مزيج من حامض البيركلوريك والهيدروفلوريك بنسبة ١=١، وتسخينها حتى تتبخر قريباً من الجفاف. ثم يذاب الراسب الناتج بحامض الهيدروكلوريك المخفف ويضاف إليه الماء المقطر حتى يصل إلى حجم ٢٥ مل لكل عينة. ومن ثم القياس بجهاز الامتصاص الذري الطيفي (الشكل ٨).

الجدول (٣): مواقع جمع عينات الترب المأخوذة بالقرب من مخلفات حربية في منطقة الدراسة.

ت	الموقع	رمز الموقع	الإحداثي بنظام الدرجات لموقع جمع العينة	تاريخ جمع العينة
١	قضاء الزبير/ جبل سنام	A	38R 752649 3335447	2021/12/26
٢	قضاء الزبير/ مزارع سفوان	B	38R 747722 3342465	2021/12/14
٣	قضاء الزبير/ حمّار مشرف ١	C	38R 740922 3387663	2021/12/1
٤	قضاء الزبير/ حمّار مشرف ٢	D	38R 740619 3387564	2022/1/26
٥	قضاء الزبير/ حمّار مشرف ٣	E	38R 748703 3373028	2022/1/26
٦	قضاء الزبير/ الرميلة الجنوبية ١	F	38R 717954 3336029	2021/12/14
٧	قضاء الزبير/ الرميلة الجنوبية ٢	G	38R 718218 3336723	2021/12/14
٨	قضاء الزبير/ جريشان	H	38R 690529 3309490	2022/2/9
٩	قضاء شط العرب/ الشلامجة ١	I	38R 777829 3414395	2021/11/25
١٠	قضاء شط العرب/ الشلامجة ٢	J	38R 783038 3384582	2021/12/16
١١	قضاء شط العرب/ نهر جاسم	K	38R 785825 3376183	2022/1/7
١٢	قضاء شط العرب/ الصالحية	L	38R 769380 3376601	2022/3/8
١٣	قضاء شط العرب/ عتبة	M	38R 218771 3372886	2021/11/23

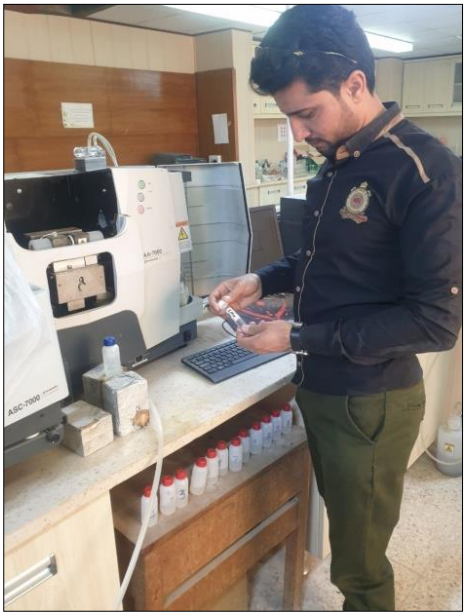
المصدر: العمل الحقلي.

الشكل (٦): مواقع عينات التربة الخاصة بفحص المعادن الثقيلة المأخوذة ترب بعض المخلفات الحربية في محافظة البصرة.



المصدر: اعتماداً على إحداثيات الجدول (٣).

الشكل (٧): جمع عينة تربة بالقرب من مكان تواجد قنابل عنقودية، منطقة الرميلة الجنوبية – قضاء الزبير ١٤/ ١٢/ ٢٠٢١.



الشكل (٨): في أثناء العمل المختبري، هضم العينات، ومن ثم قياس التركيز في جهاز المطياف الذري.

النتائج والمناقشة

يؤدي بقاء المخلفات الحربية بمختلف أشكالها وأنواعها لمدة طويلة فوق التربة أو تحتها إلى حدوث تآكل تدريجي لهياكل أو أغلفة أو المادة المصنعة منها تلك المخلفات بفعل العوامل الجوية والرطوبة والتأكسد، ومن ثم تلويث التربة التي تتواجد فيها أو حولها بالمعادن المصنعة منها أو المحتوية عليها مما يزيد من خطورتها على البيئة (الشكل ٩).

الشكل (٩) أحد المقذوفات الحربية (قنابر هاون) التي يلاحظ تعرضها للصدأ والانحلال وتلويثها للتربة المحيطة. الموقع خط المواجهة، السيبة – قضاء أبي الخصيب. ٢٠٢١/١٢/٣٠.

إن تفحص تراكيز المعادن المختارة (المتمثلة بـ الحديد Fe والرصاص Pb والنحاس Cu)؛ لكون وجودها الأكثر احتمالاً في تلك المخلفات الحربية، ويمكن أن يكشفَ عن مدى تأثر التربة المطمورة فيها المخلفات الحربية بالتلوث الناتج عن المعادن الثقيلة، حتى وإن كان ذلك التأثرُ موضعياً. ولغرض بيان الفارق بين نتائج الدراسة الحالية والمستوى الطبيعي لتراكيز المعادن الثقيلة في تربة منطقة الدراسة، تمّ الاعتماد على معدل تركيز العينة المرجعية الموصوفة في دراسة الحسن[١٥]. وفي ضوء ذلك، يمكن وصف التباين المكاني للنتائج المبينة في الجدول (٤) على النحو الآتي:

أولاً: تراكيز عنصر الحديد Fe

يعرفُ الحديدُ على أنه من أهمّ المعادن الفلزية في العالم، إذ يوجد على هيئة أكاسيد وكبريتيد وكربونات وسليكات[١٦]. وتشكّل نسبةُ الحديدِ حوالي ٣٥% من القشرة الأرضية، ويكون الحديد عبارة عن معدن ناعم الملمس ذي لون فضي أبيض يتصف بسرعة اتحاده مع الكربون والكبريت، ويتعرض للصدأ والتأكسد إذا ما تعرض للرطوبة الجوية، إذ يتحوّل إلى اللون الأحمر[١٧].

الجدول (٤): تراكيز بعض المعادن الثقيلة في عينات ترب مختارة مأخوذة بالقرب من مخلفات حربية في منطقة الدراسة.

ت	الموقع	رمز الموقع	نوع المخلفات التي جمعت التربة بقربها	تركيز الحديد Fe ug/g	تركيز الرصاص Pb ug/g	تركيز النحاس Cu ug/g
١	قضاء الزبير/ جبل سنام	A	آليات عسكرية مدمرة	١٢٧٢,٥	٢٤٩,٠٨	٣٦,٠٨
٢	قضاء الزبير/ مزارع سفوان	B	كدس قنابل عنقودية	١٨١٤	*ND	٤,٨٢
٣	قضاء الزبير/ حمّار مشرف ١	C	منطقة إتلاف مخلفات	٤٨٩٣,٧	١١,٢٤	١٤,٥٢
٤	قضاء الزبير/ حمّار مشرف ٢	D	مخلفات صاروخية	٩٦٤١,٧	٩,٢٨	١٦,٩٩
٥	قضاء الزبير/ حمّار مشرف ٣	E	قنابر هاون تالفة	١٠٣٢,٧	٩,٧٧	٣٥,٦٢
٦	قضاء الزبير/ الرميلة الجنوبية ١	F	كدس قنابل عنقودية	١٧٥٧,٧	١,٦٣	٥,٤٧
٧	قضاء الزبير/ الرميلة الجنوبية ٢	G	منطقة إتلاف قنابل	٢٢٦٤,٥	١,٣٠	٨٧,١٦
٨	قضاء الزبير/ جريشان	H	مخلفات صاروخية	٩٣٠	٠,٦٥	٣,٩١
٩	قضاء شط العرب/ الشلامجة ١	I	مقذوفات	٤٠٩٣,٥	٣,٠٩	١٥,٥٨
١٠	قضاء شط العرب/ الشلامجة ٢	J	مخلفات عسكرية	١٤٥١٠,٢	٢٥,٩٠	٥٣٢,٧
١١	قضاء شط العرب/ نهر جاسم	K	ألغام	٤٣٣٨,٧	٢٠,٢	١٣,٠٣
١٢	قضاء شط العرب/ الصالحية	L	ألغام	٥٠٤٠,٥	٩,٧٧	١٢,٥٤
١٣	قضاء شط العرب/ عتبة	M	مخلفات صاروخية	٥٧٧٧,٧	٧,٠٠٥	١١,٩٣
١٤	عينة مرجعية (الحسن، ٢٠١١، ١٢٩)			١٠٣,٤	*ND	٨,١٤

*** ND دون مستوى تحسس جهاز الفحص.**

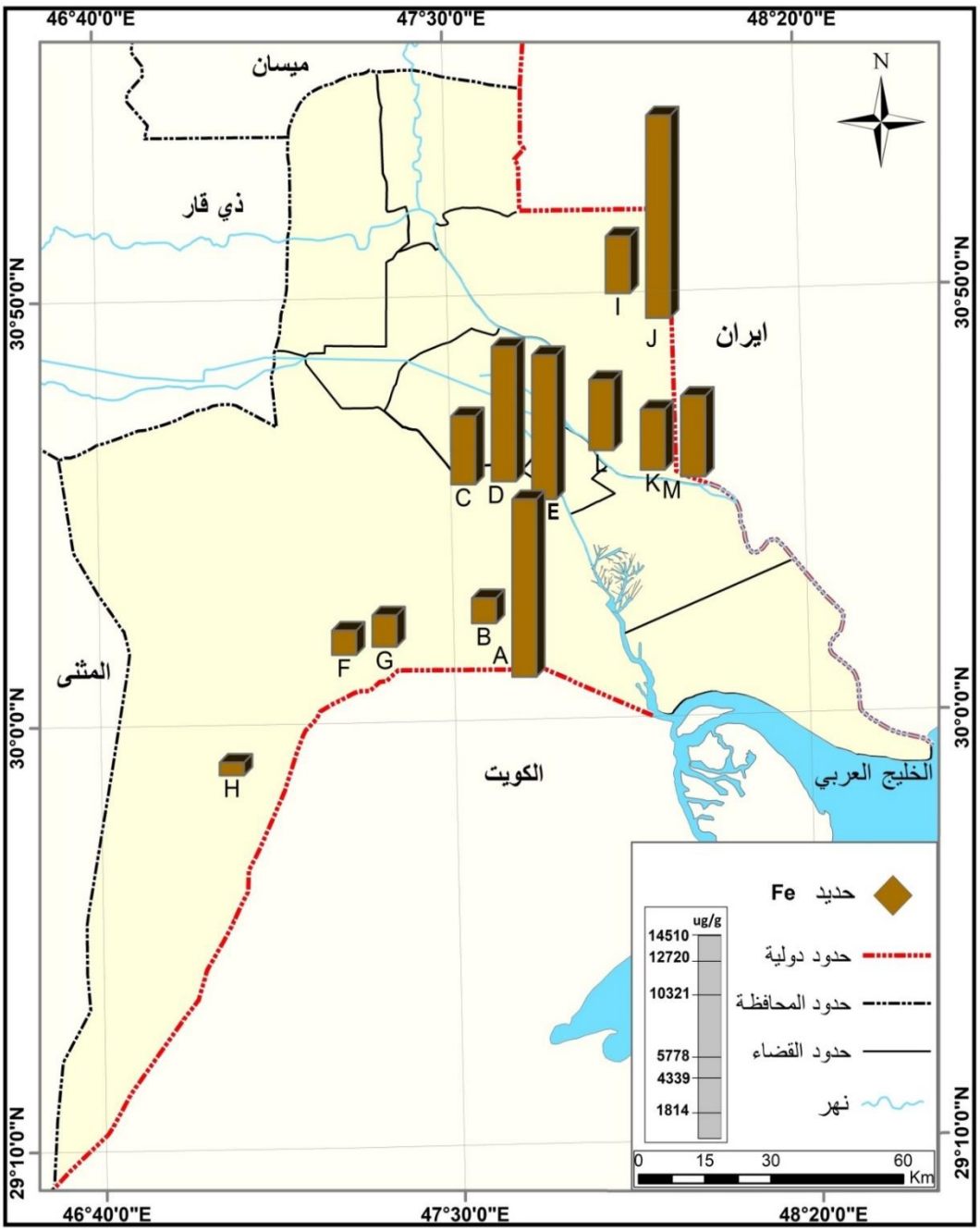
المصدر: نتائج الفحص المختبري في مختبر الامتصاص الذري، قسم الكيمياء البيئة البحرية، مركز علوم البحار، جامعة البصرة.

إن التأثيرات الصحية للحديد إلى أن التعرض لأكاسيد الحديديك قد يسبب حالات مرضية تصيب الرئتين (Benign pneumoconiosis)، وقد يكون الأطفال عرضة بشكل خاص لمثل هذا المرض، وتبلغ نسبة الوفيات في الولايات المتحدة تبلغ طفلاً واحداً شهرياً جراء التسمم بالحديد[١٨]. ويمكن أن يسبب التعرض لمستويات الحديد إلى التأثير على القلب وتلف الكبد، ويكون الحد المسموح به من الحديد للأطفال بين (١٠-٢٠) ملغم/ كغم من وزن الجسم وقيمة المعيار الصحي البالغ (٠,٣ ملغرام/ لتر)[١٩].

يتضح بسرعة في المقارنة بين النتائج المسجلة في الجدول (٤) للمواقع المدروسة أن الفارق كبير بين الحالتين. إذ تتخطى القيم المسجلة جميعها قيمة العينة المرجعية بأكثر من ١٤ ضعفاً في بعض المواقع (الموقع J مثلاً) وهذا يشير إلى التلوث الكبير بعنصر الحديد بفعل المخلفات الحربية.

ويتبين من الشكل (١٠) التوزيع المكاني لتراكيز عنصر الحديد في عينات التربة المدروسة، ويلاحظ أن موقع (J) كان الأعلى تركيزاً بقيمة ١٤٥١٠,٢ مايكغم/ غم، إذ أن العينة أخذت من موقع يضم مخلفات عسكرية تعود إلى زمن الحرب العراقية – الإيرانية في الثمانينيات وقد تعرضت إلى تصدأ كبير، فيمَ كان أقل تركيز بين العينات المدروسة هو في الموقع (H) حيث يبلغ التركيز ٩٣٠ مايكغم/غم فقط، وهو مع ذلك أعلى بتسع مرات من القيمة المسجلة المرجعية.

الشكل (١٠): التمثيل الخرائطي والتوزيع المكاني لتراكيز عنصر الحديد Fe في عينات التربة لمواقع ملوثة بالمخلفات الحربية في محافظة البصرة.



المصدر: اعتماداً على الجدول (٤).

ثانياً: تراكيز عنصر الرصاص Pb

يعد عنصر الرصاص من أقدم الفلزات المكتشفة والمستخدمة عبر التاريخ ويتواجد الرصاص بالطبيعية كمركب كبريتيد الرصاص PbS؛ ولكونه سهل المطاوعة وسهل السبك ودرجة انصهاره ويوجد في معظم أنواع الصخور والمعادن[٢٠]، إذ تؤدي الحروب والتدريبات العسكرية إلى تلويث الأراضي التي حدثت فيها الوقائع الحربية بعنصر الرصاص بفعل الذخائر العسكرية. ويسبب التعرض إلى الرصاص بتراكيز مرتفعة مخاطر صحية مثل تلف الدماغ وتسمم الدم وهشاشة العظام وتشنجات وأمراض سرطانية وحالات الوفاة القصوى[٢١]، إذ يعمل على إلحاق الضرر بوظائف جسم الإنسان جميعها، ويعمل الرصاص على فقدان الذاكرة قصير الأمد وانخفاض الذكاء وصعوبة التعلم، ويمكن أن يسبب التعرض إلى الرصاص قبل الولادة إلى انخفاض الوزن عند الولادة[٢٢]. ويؤثر الرصاص في الإنسان أيضاً من خلال إصابته بالعقم وأمراض القلب وتدمير الكلى والجهاز العصبي وتأثيره في نظام الدورة الدموية[٢٣].

ومثلما يتضح من نتائج الجدول (٤)، فقد تم تسجيل تراكيز لعنصر الرصاص في العينات المدروسة، ويظهر أن التراكيز في المواقع المختارة جميعها (عدا الموقع B) كانت أعلى بكثير من قيمة العينة المرجعية التي لم يتحسسها جهاز الفحص. ويمكن أن يشيرَ ذلك إلى تأثير التلوث الناتج من بقايا المخلفات الحربية فوق التربة.

ويُلاحظ أيضاً من الشكل (١١) التوزيع الجغرافي لتراكيز الرصاص في عينات التربة المختارة ضمن منطقة الدراسة، إذ تتباين فيه التراكيز لتبلغ أعلى ما في الموقع (A) بحدود ٢٤٩,٠٨ مايكغم/ غم إلى أدناها في الموقع (B). وفي العموم، فإن التباين في تراكيز الرصاص عبر المواقع كلها يبدو مرتبطاً بوجود المخلفات الحربية من جهة وبتأثير عوامل التحلل من تلك المخلفات بحسب الظروف البيئية الطارئة عليها.

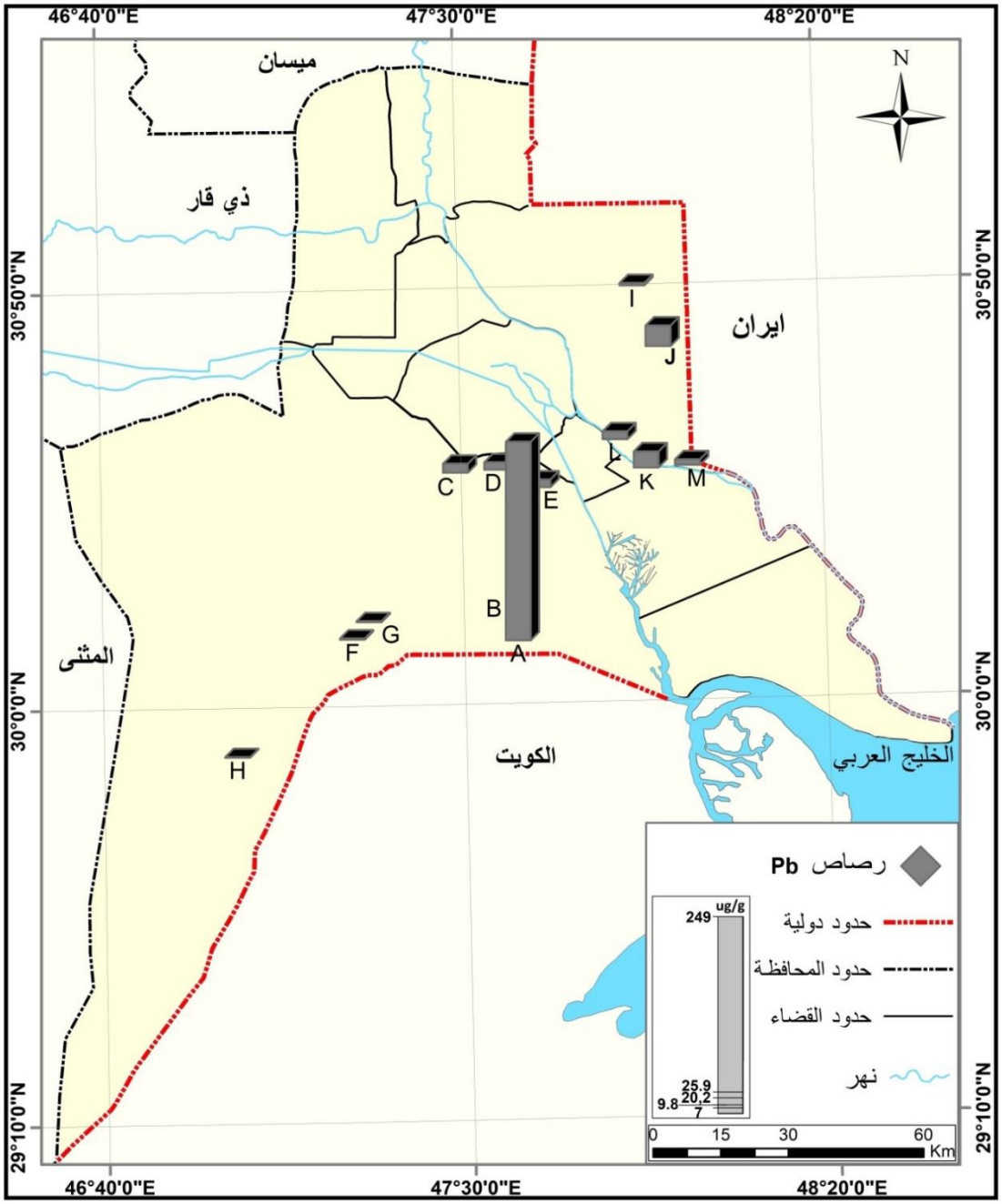
ثالثاً: النحاس Cu

يعدُّ النحاس من العناصر الفلزية التي يقدر تركيزها بالقشرة الأرضية بحوالي ٥٠ ملغم/ لتر، وتعد الزيادة في تراكيز عنصر النحاس مؤثرة في النباتات مسببة شحوبها مثلاً[٢٤]. ويعد النحاس من أكثر العناصر الثقيلة امتزاجاً بالتربة[٢٥].

من الواضح بحسب نتائج الجدول (٤)، إن التراكيز المسجلة للنحاس في المواقع المختارة في منطقة الدراسة كانت مرتفعةً بالمقارنة مع القيمة في العينة المرجعية، ويستثنى من ذلك المواقع (B، F، H). ومع هذا، فإن تسجيل وجود عنصر النحاس في المواقع المدروسة جميعها يدل على تأثرها بالتلوث من المخلفات الحربية، التي قد تكون لتعرضها الطويل إلى العوامل البيئية سبباً في تحرر العنصر في التربة الملوثة بفعل تلك المخلفات.

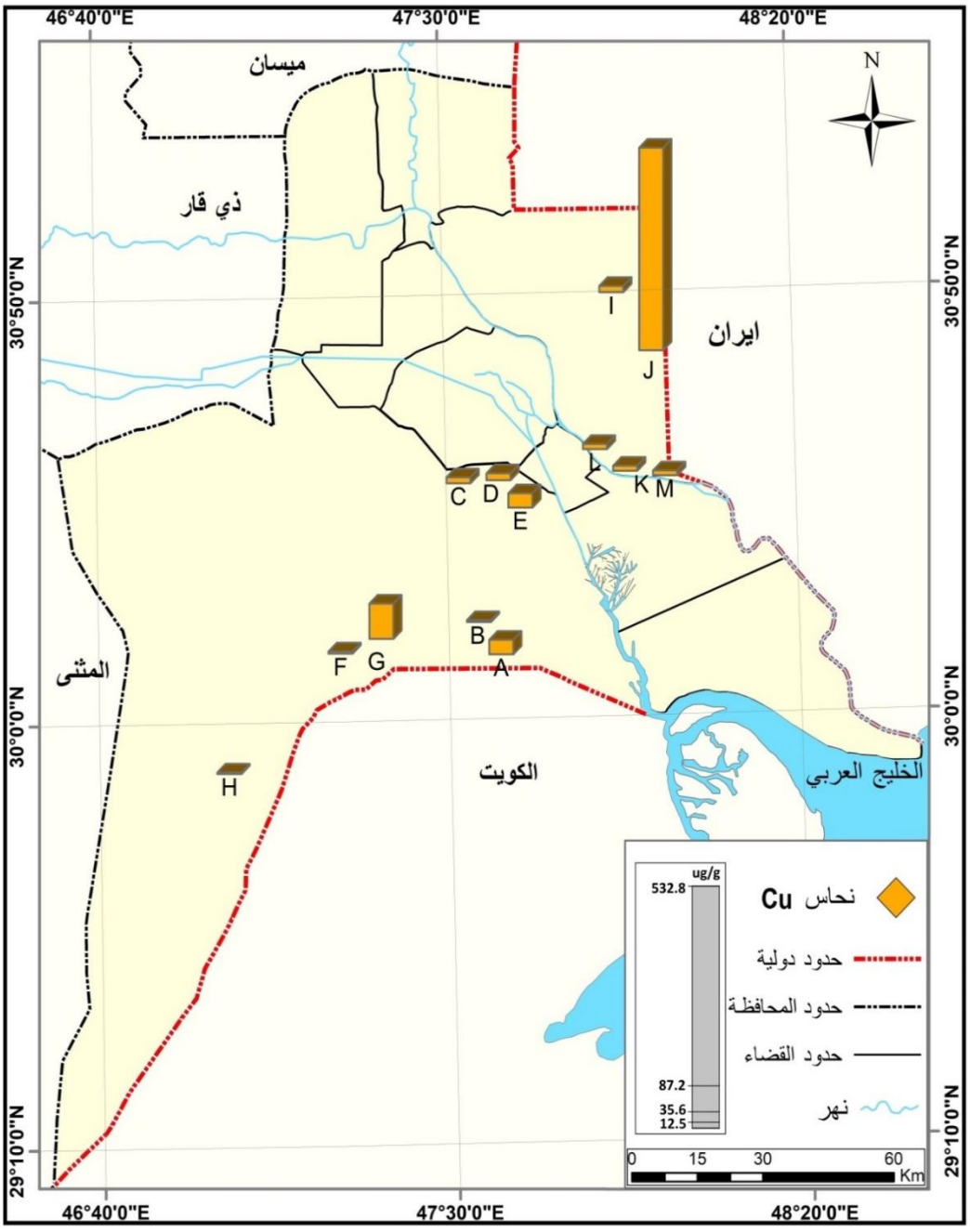
ويتضح من الشكل (١٢)، تباين القيم المسجلة مكانياً، إلا أن الموقع (J) يبدو أكثرها تركيزاً بقيمة ٥٣٢,٧ مايكغم/ غم، الذي يرتفع عن قيمة العينة المرجعية بأكثر من خمسين ضعفاً، فيمَ يكون الموقع (H) الأدنى تركيزاً بقيمة ٣,٩١ مايكغم/ غم فقط. ومن المرجح أن هذا التباين يرجع إلى نوع المخلفات الحربية الموجودة في التربة محل الفحص، وإلى التفاوت في تأثير العوامل البيئية على المخلفات الحربية.

الشكل (١١): التمثيل الخرائطي والتوزيع المكاني لتراكيز عنصر الرصاص Pb في عينات التربة لمواقع ملوثة بالمخلفات الحربية في محافظة البصرة.



المصدر: اعتماداً على بيانات الجدول (٤).

الشكل (١٢): التمثيل الخرائطي والتوزيع المكاني لتراكيز عنصر النحاس Cu في عينات التربة لمواقع ملوثة بالمخلفات الحربية في محافظة البصرة.



المصدر: اعتماداً على بيانات الجدول (٤).

الاستنتاجات

١- من الواضح أن منطقة الدراسة تشهد وجود مساحات مهمة ملوثة بالألغام والمخلفات الحربية من جراء الحروب المتعاقبة التي جرت فوق أرضها، يرافق ذلك كميات لا يستهان بها من بقايا المخلفات الحربية، وقد يعمل هذا التواجد الكبير لهذه المخلفات، من بين مخاطر عديدة أخرى، على تلويث موضعي للتربة بالمعادن الثقيلة بدرجة من الدرجات.

٢- أظهرت الدراسة أن عينات التربة التي تم فحصها مختبرياً تحتوي على تراكيز من معادن الحديد والرصاص والنحاس، مما يشيرُ إلى دور بقايا الألغام والذخائر المفككة بسبب الزمن في تلويث هذه التربة.

٣- كانت تراكيز المعادن الثقيلة المختارة في معظم المواقع المرتفعة بمقدار كبير عند مقارنتها مع التراكيز المسجلة في العينة المرجعية، مما يؤشر إلى دور بقايا الألغام والمخلفات الحربية في تلويث التربة.

٤- لم يظهر نمط مكاني واضحاً لتراكيز المعادن الثقيلة في منطقة الدراسة، إذ أن توزيع التراكيز يرتبط بطبيعة العينة المأخوذة ونوع المخلف الحربي في التربة التي تضمه، ومدى تفكك مادة ذلك المخلف في الوسط المحيط به.

٥- تعدُّ المساحاتُ الملوثة بالألغام والمخلفات الحربية في منطقة الدراسة مساحاتٍ ملوثة بالمعادن الثقيلة أيضاً، بما تحمله تلك الملوثات من مخاطر سمّية معروفة.

المقترحات

١- ضرورة سعي الجهات المعنية إلى تطهير الأراضي الملوثة بالألغام والمخلفات الحربية بأقصى ما يمكن من الجهد وبأسرع وقت ممكن؛ نظراً للخطورة التي تحملها تلك الملوثات على البيئة والإنسان على حدّ سواء.

٢- لا يجب أن يُكتفى بتطهير الأرض فقط من مخلفات الألغام وبقايا المعارك، إنما ينبغي السعي أيضاً إلى استبدال التربة التي تتواجد فيها تلك المخلفات أو تنظيفها للتخلص من بقايا المعادن الثقيلة السامة المتركّزة فيها.

٣- نقترح إجراءَ المزيدِ من الدراسات العلمية الدقيقة حول هذا الموضوع بشكل خاص، وحول موضوع التلوث بالألغام والمخلفات الحربية بشكل عام؛ وذلك لأهميته وخطورته بالنسبة للبيئة والمجتمع.

الهوامش

(1)Saul Bloom, etal., Hidden Causalities: Environmental, Health and Political Consequences of the Persian Gulf War, ARC, California, 1994, p.138.

(٢) أحمد جاسم محمد، المخلفات الحربية في محافظة البصرة: دراسة جغرافية، مجلة دراسات البصرة، المجلد ٥، العدد ١٩٩٤-٤٧٢١، ٢٠٠٨: ١١٥-١٥٠. متوفر على الرابط:

https://www.iasj.net/iasj/pdf/e6c3390e66c59ef4

(٣) حسين جاسم الحمداني، أثر التغير المناخي على مستقبل الموارد المائية في محافظة البصرة، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الإنسانية – جامعة البصرة، ٢٠٢٠، ص ٢٢.

(٤) إسحاق نمر عبدالحسين، التحليل الجغرافي لمعامل الغاز ومحطات تعبئة الوقود في محافظة البصرة، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الإنسانية – جامعة البصرة، ٢٠١٥، ص ٥٥.

(٥) داود جاسم الربيعي، من خصائص التربة في محافظة البصرة، موسوعة البصرة الحضارية – المحور الجغرافي، مطبعة جامعة البصرة، ١٩٨٨، ص ٣٤-٤١.

(٦) نازك كاظم الفريجي، خصائص مياه الري وتأثيراتها الزراعية في محافظة البصرة للمدة ٢٠٠٩-٢٠١٩، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الإنسانية – جامعة البصرة، ٢٠٢١، ص ٣٧.

(٧) وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، التقديرات السكانية لسنة ٢٠٢١.

(٨) شكري إبراهيم الحسن، التلوث البيئي في مدينة البصرة، أطروحة دكتوراه، كلية الآداب – جامعة البصرة، ٢٠١١، ص ٩٤. وراجع للاستزادة: مرتضى صيوان الخزاعي وشكري إبراهيم الحسن، "التوزيع المكاني والتقييم البيئي لتراكيز بعض العناصر الثقيلة في مياه أهوار الجبايش"، مجلة الخليج العربي، جامعة البصرة، المجلد ٤٩، العدد ٣، ٢٠٢١: ص ٢٥٣-٢٧٨. متوفر على الرابط:

https://www.iasj.net/iasj/pdf/855f876235e069c7

(9)Johan C. Varekamp, "Heavy Metals", in Richard M. Stapleton (ed.), *Pollution A to Z*, Vol. 1, Macmillan Reference, New York, 2004, p.256.

(10) Jorge E. Marcovecchio et al., "Heavy Metals, Major Metals, and Trace Elements", in Leo M. L. Nollet (ed.), *Handbook of Water Analysis*, 2nd ed., CRC Press, New York, 2007, p.276.

(11) Mikel L. Sanchez (ed.), *Causes and Effects of Heavy Metals Pollution*, Nova Science Publishers, New York, 2008, p.5.

(١٢) وزارة الدفاع، الكلية العسكرية، كتاب التحصين، بلا تاريخ، ص ١٢١.

(١٣) نبراس فاخر التميمي، مدير المركز الإقليمي الجنوبي لشؤون الألغام، مقابلة شخصية، ٣٠/ ٦/ ٢٠٢٢.

(١٤) شكري إبراهيم الحسن، مصدر سابق، ص ٢١٣.

(١٥) شكري إبراهيم الحسن، مصدر سابق، ص ٢٢٩.

(١٦) علي أحمد هارون، جغرافية المعادن ومصادر الطاقة، دار الفكر العربي، سوهاج، ٢٠٠٧، ص ٩٧.

(١٧) حامد طالب السعد ونادر عبد سلمان، التلوث الهوائي، مطبعة الأجيال، البصرة، ٢٠٠٦، ص ٩٢.

(١٨) شكري إبراهيم الحسن، مصدر سابق، ص ٤٢.

(١٩) أنور صباح الكلابي، تلوث الهواء والمياه والضوضاء داخل المسكن وخارجه في مدينة السماوة، أطروحة دكتوراه، كلية الآداب – جامعة البصرة، ٢٠١٣، ص ١٩٤.

(٢٠) حسين كامل عبادي الحميداوي، التحليل المكاني لبعض مظاهر التدهور البيئي في مدينة الزبير وتأثيراتها الصحية، رسالة ماجستير، كلية الآداب – جامعة البصرة، ٢٠١٨، ص ١١١.

(٢١) شكري إبراهيم الحسن، مصدر سابق، ص ٤٤.

(٢٢) حيدر مزهر الكفاري، تقييم مدى التلوث بالمعادن الثقيلة في مياه ورواسب نهر الديوانية في العراق، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الإنسانية – جامعة البصرة، ٢٠٢١، ص ٩٥.

(٢٣) علي ناصر الصرايفي، آثار التلوث البيئي في التنوع الأحيائي في محافظة البصرة، أطروحة دكتوراه، كلية التربية للعلوم الإنسانية – جامعة البصرة، ٢٠١٩، ١٢٦.

(٢٤) أفراح هاشم المرشدي، تلوث الترب في قضاء الرميلة وتأثيرها على الإنتاج الزراعي، رسالة ماجستير، كلية الآداب – جامعة البصرة، ٢٠١٧، ص ١٣٣.

(٢٥) حسين سلمان سليمان، التركيب المعدني لبعض الترب في شمال شرق سوريا وتأثيره في بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية، رسالة ماجستير، كلية الزراعة – جامعة دمشق، ٢٠١٠، ص ٦٨.

المصادر

١. أحمد جاسم محمد، "المخلفات الحربية في محافظة البصرة: دراسة جغرافية"، مجلة دراسات البصرة، المجلد ٥، العدد ١٩٩٤-٤٧٢١، ٢٠٠٨: ١١٥-١٥٠.

٢. إسحاق نمر عبدالحسين، التحليل الجغرافي لمعامل الغاز ومحطات تعبئة الوقود في محافظة البصرة، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الإنسانية – جامعة البصرة، ٢٠١٥.

٣. أفراح هاشم المرشدي، تلوث الترب في قضاء الرميلة وتأثيرها على الإنتاج الزراعي، رسالة ماجستير، كلية الآداب – جامعة البصرة، ٢٠١٧.

٤. أنور صباح الكلابي، تلوث الهواء والمياه والضوضاء داخل المسكن وخارجه في مدينة السماوة، أطروحة دكتوراه، كلية الآداب – جامعة البصرة، ٢٠١٣.

٥. حامد طالب السعد ونادر عبد سلمان، التلوث الهوائي، مطبعة الأجيال، البصرة، ٢٠٠٦.

٦. حسين جاسم الحمداني، أثر التغير المناخي على مستقبل الموارد المائية في محافظة البصرة، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الإنسانية – جامعة البصرة، ٢٠٢٠.

٧. حسين سلمان سليمان، التركيب المعدني لبعض الترب في شمال شرق سوريا وتأثيره في بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية، رسالة ماجستير، كلية الزراعة – جامعة دمشق، ٢٠١٠.

٨ . حسين كامل عبادي الحميداوي، التحليل المكاني لبعض مظاهر التدهور البيئي في مدينة الزبير وتأثيراتها الصحية، رسالة ماجستير، كلية الآداب – جامعة البصرة، ٢٠١٨.

٩. حيدر مزهر الكفاري، تقييم مدى التلوث بالمعادن الثقيلة في مياه ورواسب نهر الديوانية في العراق، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الإنسانية – جامعة البصرة، ٢٠٢١.

١٠. داود جاسم الربيعي، من خصائص التربة في محافظة البصرة، موسوعة البصرة الحضارية – المحور الجغرافي، مطبعة جامعة البصرة، ١٩٨٨.

١١. شكري إبراهيم الحسن، التلوث البيئي لمدينة البصرة، أطروحة دكتوراه، كلية الآداب، جامعة البصرة، ٢٠١١.

١٢- علي أحمد هارون، جغرافية المعادن ومصادر الطاقة، دار الفكر العربي، سوهاج، ٢٠٠٧.

١٣. علي ناصر الصرايفي، آثار التلوث البيئي في التنوع الأحيائي في محافظة البصرة، أطروحة دكتوراه، كلية التربية للعلوم الإنسانية – جامعة البصرة، ٢٠١٩.

١٤. مرتضى صيوان الخزاعي وشكري إبراهيم الحسن، "التوزيع المكاني والتقييم البيئي لتراكيز بعض العناصر الثقيلة في مياه أهوار الجبايش"، مجلة الخليج العربي، جامعة البصرة، المجلد ٤٩، العدد ٣، ٢٠٢١.

١٥. نازك كاظم الفريجي، خصائص مياه الري وتأثيراتها الزراعية في محافظة البصرة للمدة ٢٠٠٩-٢٠١٩، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الإنسانية – جامعة البصرة، ٢٠٢١.

١٦. نبراس فاخر التميمي، مدير المركز الإقليمي الجنوبي لشؤون الألغام، مقابلة شخصية، ٣٠/ ٦/ ٢٠٢٢.

١٧. وزارة البلديات والأشغال العامة، بلدية البصرة، قسم التخطيط والمتابعة، خريطة محافظة البصرة بمقياس ١/٢٤٠٠.

١٨. وزارة البيئة، المركز الإقليمي الجنوبي لشؤون الألغام، مسوحات الأراضي الملوثة، ٢٠٢١ (بيانات غير منشورة).

١٩. وزارة البيئة، المركز الإقليمي الجنوبي لشؤون الألغام، جرد المخلفات الحربية، ٢٠٢١ (بيانات غير منشورة).

٢٠. وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، التقديرات السكانية لسنة ٢٠٢١.

٢١. وزارة الدفاع، الكلية العسكرية، كتاب التحصين، بلا تاريخ.

22- Johan C. Varekamp, "Heavy Metals", in Richard M. Stapleton (ed.), *Pollution A to Z*, Vol. 1, Macmillan Reference, New York, 2004.

23- Jorge E. Marcovecchio et al., "Heavy Metals, Major Metals, and Trace Elements", in Leo M. L. Nollet (ed.), *Handbook of Water Analysis*, 2nd ed., CRC Press, New York, 2007.

24- Mikel L. Sanchez (ed.), *Causes and Effects of Heavy Metals Pollution*, Nova Science Publishers, New York, 2008.

25- Saul Bloom, *etal*., *Hidden Causalities: Environmental, Health and Political Consequences of the Persian Gulf War*, ARC, California, 1994.