التلوث البيئي بالعناصر الثقيلة

أ.م. د. رعد عبد الكريم التميمي
قسم علوم التربة والموارد المائية/كلية الزراعة- جامعة ديالى

التلوث البيئي: هو كل تغيير يطرأ على البيئة سواءً بفعل عوامل طبيعية أو غير طبيعية وينتج عنه ضرراً مباشراً أو غير مباشر بالكائنات الحية أو الوسط الذي تعيش فيه. والملوثات البيئية؛ هي كل مادة أو طاقة تعرض الكائن الحي أو مصادره للخطر بطريقة مباشرة أو غير مباشرة.

ماهي المعادن الثقيلة ؟

هي تلك العناصر التي تزيد كثافتها على خمسة أضعاف كثافة الماء أي تبلغ 5 غم/ للسنتمتر المكعب الواحد، وهذه المعادن الثقيلة إذا ما أفرط في استخدامها تكون لها تأثيرات سلبية جمة وكبيرة على البيئة بصورة عامة، تنعكس سلباً على صحة الإنسان والحيوان والنبات، وتشترك المعادن الثقيلة في كثير من الصفات الطبيعية، إلا أن لكل واحد منها تفاعلاتها الكيميائية المختلفة، وبالتالي تختلف هذه العناصر في تأثيراتها البيئية، وهذه المعادن هي؛ الزئبق والرصاص والكادميوم والكروم والحديد والنحاس، يمكن تقسيمها على مجموعتين، تضم المجموعة الأولى معدن الزئبق والرصاص والكادميوم ويكون لها مذشأ خطر على صحة الانسان، بينما تضم المجموعة الثانية الكروم والحديد والنحاس وتقتصر آثارها على أماكن العمل الذي يحدث فيها التعرض إلى العنصر لمدد طويلة، ولهذا فهي أقل خطراً من معادن المجموعة الأولى.

إن التعرض للمعادن، عن طريق الهواء الملوث أو الغذاء الملوث أو شُرب المياه الملوثة أو المشروبات الأخرى الملوثة أو التعرض للتربة الملوثة، يمكن أن يشكل تهديداً لصحة الإنسان ونموه، وعلى الرغم من معرفة ارتباط بعض الأخطار الصحية الرئيسة بمعادن مثل الزئبق والرصاص والكادميوم منذ قرون فإن هناك مجموعة متزايدة من البيّنات تربط اليوم هذه المعادن (وغيرها) بعدد من الآثار الصحية الضارة، ومشاكل النمو ومظاهر الشيخوخة، وفي العقود الماضية تبين أن بعض المعادن عوامل قادرة على إحداث آثار ضارة غير ظاهرة ولكنها شديدة، وتُتيح الدراسات الحديثة الآن تحديد ما لم يتم تمييزه في السابق من الآثار المناعية والآثار السامة للكلية والآثار الخاصة بالنمو العصبي والآثار السامة للجينات، وغيرها، وفي العقدين الماضيين ازداد القلق من الحساسية الخاصة لدى الأجنة وصغار الأطفال للرصاص والزئبق والكادميوم أثناء "فترات الضعف الحرجة"، ونتيجة لسلوكياتهم الخاصة ووظائف أعضائهم الدينامية التي قد توجد لديهم استعداداً لزيادة التعرض البيئي والآثار الضارة. ونستعرض في هذه السلسلة من المقالات تلوث مكونات البيئة بأيونات العناصر الثقيلة ومخاطر ذلك على الإنسان.

1- التلوث بالرصاص

اكتشف الإنسان الرصاص واستخدمه منذ أقدم العصور، و هو اليوم أكثر الملوثات الكيميائية خطراً عليه وانتشاراً في بيئته بسبب التطور الكبير في الصناعات الكيميائية والتعدينية

وزيادة استخدامه في مختلف المجالات مما زاد من مستويات التلوث الكوني بهذا الفلز حتى في الدول النامية والفقيرة، فقد ارتفعت نسبة التلوث بالرصاص في أفريقيا إلى 20 % من التلوث الكوني عام 1996 بعد أن كانت تشكل نسبة 5 % عام 1980 (5).

الرصاص معدن أبيض فضي اللون يتحول إلى رمادي بمجرد ملامسته للهواء بسبب تأكسده، لين قابل للطرق، رديء التوصيل للحرارة ومقاوم للتآكل، وتحتوي خامات الرصاص عادة على عناصر الكبريت والزنك والنحاس، ومن أهمها وجودا في الطبيعة خام الغالينا (Galena) الذي يتركب من كبريتيد الرصاص (PbS)، وهو من أهم خامات الرصاص ويستخدم في طلاء المرايا، ويستخدم أيضاً كصبغة زرقاء. يوجد الرصاص في صور أخرى مختلفة منها أكاسيد الرصاص وتشمل أول أوكسيد الرصاص (PbO) وهو أكثرها استخداما في صناعات الرصاص غير العضوية كما في تصنيع لوح البطاريات وفي صناعة السيراميك والزجاج، ومن أكاسيده الأخرى أوكسيد الرصاص الأحمر (Pb_3O_4) وهي صبغة حمراء لامعة تستخدم في دهانات المنازل وأسطح المعادن لمنع تآكلها وفي التشحيم وفي صناعة الزجاج والكريستال، ومن أملاح الرصاص كبريتات الرصاص ($PbSO_4$) والتي تدخل في صناعة الصبغات الزرقاء والبيضاء، وسليكات الرصاص ($PbSiO_3$) وتستخدم في الدهانات وفي صناعة الزجاج
والسيراميك والمطاط، وكرومات الرصاص ($PbCrO_4$) وتستخدم في الأحبار والصبغات والصناعات الجلدية. ويعد الرصاص أول المعادن التي صهرها الإنسان، فالمواسير الرصاصية التي صنعها الرومان لازالت تستخدم حتى وقتنا الحالي، ويرجع استخدام أوكسيد الرصاص في صقل الفخار إلى العصر البرونزي منذ حوالي 5500 سنة.

يوجود الرصاص في قرابة 120 نشاطاً بشرياً، فهو يدخل في صناعة الدهانات والأصباغ التي تتناثر جزيئاتها بعد الجفاف، وفي البنزين بسبب إضافة مركبات ألكيل الرصاص له لرفع رقم الأوكتان، وفي صناعة المطاط ومصانع تحضير المطاط الصناعي، وفي إنتاج المبيدات الحشرية، وصناعة أحرف الطباعة، وأحبار الطباعة، وأقلام الرصاص، والصمامات، وفي إنتاج عدد من السبائك، وصناعة بطاريات الخزن السائلة، وصناعة العتاد والذخيرة الحربية، وفي الطلاء. ويدخل الرصاص في صناعة المنظومات الكهربائية للعديد من الأجهزة الكهربائية والألكترونية، مثل: التلفزيونات والمسجلات والراديوات وأجهزة الفيديو إذ يتركز وجوده في لوحات الدوائر وفي الزجاج الرصاصي لشاشات التلفزيون، وجميع هذه الأشياء تُلقى في مكبات النفايات بعد استهلاكها فتكون أحد مصادر التلوث بالرصاص. ويستخدم الرصاص في الوقاية من الأشعة السينية والنووية، وفي تبطين الأنابيب والصفائح والمواد المثبتة للمواد التركيبية المصنعة من الكلوريد المتعدد الفينايل (PVC)، والزجاج البلوري، والخزف المصقول، والأصباغ المخضبة، ومساحيق التجميل، ويدخل الرصاص في صناعة كثير من الأدوات الصحية، كما وجد في الاصباغ المستخدمة لطلاء الألعاب والاثاث والمنازل وأخطرها دهانات لعب الأطفال، وقد كانت معظم دهانات المنازل حتى عام 1960 تحتوي على عنصر الرصاص، وبعد أن عرفت خطورته على صحة الإنسان بدأ من ذلك الوقت استبدالها بأصباغ أخرى، وعلى الرغم من منع تداول هذه النوعية من الاصباغ في عام 1978 في الكثير من دول العالم المتطور، فإنه ما زال يستخدم في بعض الدول لطلاء الاسطح الخارجية.

يوجد الرصاص في الهواء والتربة والماء بشكل طبيعي، وتنحصر دورته الطبيعية فيها، إلا أن زيادة نسبته في البيئة بسبب النشاط البشري قد يسبب تلوثاً ينتج عنه مخاطر عديدة للإنسان كونه شديد السمية، وهو من العناصر التي تتراكم كيموحيوياً ولا تتحطم في البيئة بسرعة، ومن أغلب مصادر التلوث بالرصاص قديما هو حرق الفحم وعمليات التعدين، أما مصادر التلوث بالرصاص في الوقت الحاضر فهي:

- عمليات استخراج وتعدين الرصاص وصهره وتصنيعه.
- المحطات الحرارية وأجهزة حرق الوقود الصلب والسائل.
- الغازات المنطلقة من عوادم وسائط النقل.
- من تبخر البنزين أثناء استعماله.
- مخلفات المواد التي تحتوي على الرصاص أو مركباته مثل الألعاب وأدوات الطعام وبطاريات السيارات .
- الملوثات الصناعية والمواد الصيدلانية.
- المبيدات الحاوية على الرصاص.
- عمليات اللحام لاسيما في تصنيع علب حفظ الأغذية.
- أحبار الطباعة والصحف.
- دخان التبغ.
- الغبار.

تلوث الهواء بالرصاص:

الرصاص من أهم ملوثات الهواء الجوي، وتقدر كميته في المناطق الريفية بـ 0.1 ميكرو غرا/م^3 وفي المدن الصغيرة 0.5-2 ميكرو غرام/م^3 وتزداد كميته في المدن الآهلة بالسكان والمناطق الصناعية وتصل إلى 1-3 ميكروغرا/م^3 وتزداد هذه النسبة عند زيادة حركة السير بسبب غازات العوادم لتصل إلى 30 ميكروغرا/م^3 أحياناً (1)، وتبلغ الكمية المسموح بها في الهواء في بعض الدول 0.5 ميكروغرا/م^3، وتشكل نسبة عوادم السيارات 97 % من جميع المبثوثات الحاوية على الرصاص وهو أحد أخطر نواتج عوادم السيارات، ويعد استخدام البنزين الحاوي على الرصاص أحد أهم مصادر هذا العنصر في الهواء المحيط إذ تشكل ما نسبته 80 % من نسبة الرصاص الموجود في الجو، وهنا تكمن أهمية هذا الموضوع وتأثيره المباشر في البيئة وصحة الفرد والمجتمع، والهدف التقني والميكانيكي لإضافة الرصاص إلى البنزين، هو لأغراض كتم الصوت الذي يحدث عند اشتعال البنزين مع الهواء في محرك السيارة، إضافة إلى أنه يرفع من نسبة ما يسمى بالعدد الاوكتيني وهو الدلالة العلمية على صوت المحرك، فإذا زاد العدد الأوكتيني انخفض الصوت الصادر من ذلك الاشتعال، ويؤدي أيضاً إلى زيادة في كفاءة البنزين بنسبة تصل إلى 7% فيعطي وجود الرصاص في البنزين طاقة دفع أعلى للمحرك، ويضاف الرصاص إلى البنزين بشكل رابع إيثيل الرصاص أو رابع مثيل الرصاص وتكون كمية المادة المضافة من 0.4 إلى 0.84 غم / لتر، ويتحول الرصاص العضوي المضاف إلى البنزين إلى رصاص غير عضوي مثل بروميد الرصاص وكلوريد الرصاص وأوكسيد الرصاص وذلك على شكل جزيئات أو غبار محمل بأملاح الرصاص ويخرج مع عوادم السيارات، وغالباً ما يكون بشكل بروميد الرصاص، ويتحول في الجو إلى كربونات الرصاص وهذا يشكل ما نسبته 80 % من نسبة الرصاص الموجود في الجو، ويكوِّن الرصاص الناتج من العادم معلقا ضبابيا يبقى عالقا في الجو لمدد طويلة، وقد اتجهت كثير من الدول إلى استبدال الرصاص في البنزين بمواد أخرى أقل ضررا على البيئة وفي الوقت ذاته تُحسن أداء البنزين برفعها لرقمه الأوكتيني، ويرى العلماء أن تلوّث الجو من جراء انبعاث عادم السيارات يزيد من نسبة غاز الأوزون في الجو والذي يسبب أضراراً كبيرة للنباتات ويعمل على خفض إنتاجيتها مقارنة مع أماكن أخرى غير ملوثة بهذا الغاز.

بينت الدراسات ارتفاع تركيز الرصاص في الهواء الجوي للمدن الصناعية الكبيرة على مدار السنة ويبلغ أقصاه في فصلي الخريف والشتاء، وتقدر الحمولة السنوية للجو من الرصاص في الولايات المتحدة بـ 4×10^{13} ملغم، وتكمن خطورة الرصاص في الهواء الجوي لكون معدل امتصاصه داخل جسم الإنسان من المحمول جواً أعلى من معدل امتصاص الرصاص الذائب بالماء، وقد تصل نسبة الرصاص المستنشق داخل الرئة 40 % من الرصاص الممتص الكلي.

الرصاص في التربة:

في الظروف الطبيعية يصل الرصاص للترب من مادة الأصل المكونة لها، لذا فإن تركيزه في التربة يعتمد على نوع صخور الأصل التي نشأت منها الترب والظروف البيئية لتلك الترب وعمليات تكوينها، ويبلغ محتوى الصخور الغرانيتية من الرصاص 15 - 20 ملغم/كغم بينما تحوي الصخور البازلتية على 6-10 ملغم/كغم، ويبلغ تركيزه في الصخور الرسوبية بشكل عام 5-20 ملغم/كغم وفي الصخور الجيرية 0.1 - 10 ملغم/كغم، وتختلف الترب كثيراً في محتواها من الرصاص ويتركز وجوده في الطبقة السطحية، ويبلغ تركيزه في الترب البكر بين 20– 80 ملغم/كغم تربة، وفي الترب الزراعية بين 2 - 200 ملغم/كغم وقد يرتفع تركيزه ليصل إلى 300 ملغم/كغم، وسُجلت قيم مرتفعة جداً في الترب الزراعية القريبة من مناجم الرصاص بلغت 1 غم/كغم، وقد يرتفع تركيزه في الطبقات السطحية للترب الملوثة ليصل إلى 18 غم/كغم.

يوجد الرصاص في التربة مصاحباً للطين وأكاسيد وهيدروكسيدات المنغنيز والحديد والألمنيوم، والمادة العضوية وحبيبات الكربونات المترسبة ومركبات الفسفور، ويتأثر ذوبانه في التربة بدرجة الحموضة، وحالة الأكسدة والاختزال، ومحتواها من المادة العضوية ومصدرها، ونوع المركبات العضوية الناتجة من تحللها. والرصاص من الأيونات الفلزية ذات الإلفة العالية لتكوين معقدات مع مادة التربة العضوية لارتفاع سالبيته الكهربائية، ويترسب الرصاص في التربة بصورة هيدروكسيدات وفوسفات وكربونات بزيادة دالة الحامضية للتربة، ويزداد امتزازه على أسطح غرويات التربة، ويصبح أقل ذائبية في ظروف الأكسدة لوجوده بشكل أيون ثنائي الشحنة Pb^{2+}

الرصاص أقل العناصر الثقيلة حركة في التربة، ولكون حركته أقل من تراكمه في الطبقة السطحية للتربة، لذا يتركز وجوده في هذه الطبقة لا سيما الغنية بالمادة العضوية لإلفته العالية على تكوين معقدات مع المادة العضوية، و هذه الحقيقة فقط عند وصول الرصاص إلى التربة بصورة لا عضوية، إما عند وصوله للتربة بصيغة عضوية مثل ثنائي أو ثلاثي أو رباعي الأثيل، وكذلك هو الحال مع مشتقات الألكيل الأخرى، فإن الرصاص يكون شديد الحركة ويمكن أن يمتص من قبل النباتات بسرعة أعلى من سرعة امتصاص الرصاص المتوفر بشكل أيون موجب ثنائي الشحنة (7) . الرصاص الناتج من عوادم السيارات أو نتيجة إضافة مخلفات

المجاري الحاوية على تراكيز عالية من الرصاص يبقى على سطح التربة ومن الصعب غسله أو لسنوات عديدة، وبينت الدراسات إنه لفقد 10 % من الرصاص الموجود في الترب الملوثة وغير الملوثة يحتاج إلى 10 و 90 سنة على التوالي، ويقدر عمر النصف (الفترة الزمنية اللازمة لفقد 50 % من الكمية الكلية للرصاص) بين 740 إلى 5900 سنة ، ويعتمد على نوع التربة ومكوناتها الكيميائية والمعدنية ونسبة المادة العضوية فيها ومصدرها وإدارة الري، وبينت أحدى الدراسات التي أجريت في أحدى المدن السورية ارتفاع تركيز الرصاص في الطبقة السطحية من التربة القريبة من طريق مرور السيارات (20 متراً) والتي توصف بحركة مرور كثيفة (1900 سيارة/ساعة) ليصل متوسطه إلى 15.3 ملغم/كغم وكان متوسط تركيزه في الطبقة السطحية من التربة وعلى بعد 80 – 100 م عن الطريق هو 8.8 ملغم/كغم ومتوسط عدد المركبات المارة 1300 /ساعة (3)، وبينت دراسة أخرى أجريت في عدد من المناطق الزراعية في الغوطة الشرقية لدمشق وجود تراكيز مرتفعة من عنصر الرصاص في التربة الزراعية بلغت 2363 مكروغرام/غرام تربة وهي تفوق الحدود القصوى المسموح بها وفق المواصفة السورية بـ 35.5 ضعفاً (2).،وقد عزت الدراسة هذه التراكيز المؤثرة فى القاطنين والمزروعات إلى أنشطة حرق المدخرات الرصاصية .

يؤثر ارتفاع تركيز الرصاص في التربة سلباً في العديد من التفاعلات الكيموحيوية الجارية فيها، فيؤثر سلباً على أعداد الأحياء المجهرية فيها ويثبط عملية النترتة فيتراكم النتريت بدلاً من النترات مما قد يسبب التسمم للنباتات إضافة إلى زيادة فقد النتروجين بشكل أكاسيد غازية.

اختلفت الدراسات في تحديد قيم تركيز الرصاص في التربة المسببة للسمية وتذكر بعض الدراسات أنه يبلغ 30 – 300 ملغم/كغم بينما تذكر دراسات أخرى أنه بين 100- 500 ملغم/كغم، واختلفت الدول في تركيز الحدود القصوى للرصاص المسموح بها في الترب الزراعية فهو يبلغ 50 ملغم/كغم في بريطانيا و100 ملغم/كغم في كل من استراليا وبولندا و200 و400 و500 ملغم/كغم في كل من كندا واليابان وألمانيا على التوالي وفي سوريا 67 ملغم/كغم تربة.

الرصاص في النبات:

يبلغ محتوى الرصاص في الأجزاء الخضرية الطازجة الصالحة للأكل 0.01-0.08 ملغم/كغم وزن طازج أو 0.05 – 3 ملغم/كغم وزن جاف ويصل في الحبوب إلى 0.01 – 2.28 ملغم/كغم، ويمكن أن يرتفع تركيزه في النباتات 8 – 10 مرات في المناطق المجاورة لمصادر التلوث قياساً بالتراكيز الطبيعية ، بينما قد يرتفع تركيزه 100 مرة في النباتات النامية في وسط طرق المرور السريع ذات الحركة الكثيفة، وقد بينت الدراسات أن النباتات تستطيع امتصاص الرصاص من التربة ومن الغلاف الجوي، وقد لوحظ أن نباتات البيتونيا المزروعة بالقرب من الطرق ذات حركة المرور الكثيفة كانت تحتوي على رصاص يبلغ 60 – 300 ملغم/كغم ، ويحتوي التبغ على 45 ملغم/كغم ، بينما كان تركيز الرصاص في البيتونيا والتبغ المزروعين بجوار الطرق ذات حركة المرور الأقل كثافة 20 و 7 ملغم/كغم على التوالي. ولوحظ أن الرصاص يأتي بالمرتبة الثانية بين العناصر الثقيلة التي تتجمع في ألأوراق الحرشفية لأشجار العفص الشرقي النامية بالقرب من طرق مرور المركبات (3). وبينت دراسة أخرى أجريت في ريف دمشق/الغوطة الشرقية أن تركيز الرصاص في حشائش المنطقة بلغ 172.6 ملغم/كغم وهو يزيد 28.7 ضعفاً عن الحد الأعلى المسمح به وفقاً للمواصفة السورية (2)، وقد يرتفع تركيز الرصاص في أوراق النباتات النامية بالقرب من المناطق الصناعية ليصل إلى مديات عالية جداً، فقد بلغ تركيزه في أوراق الخس المزروع في منطقة صناعية في كندا 596 – 1506 ملغم/كغم مادة جافة، وفي أوراق السبانغ النامي في منطقة صناعية في زامبيا 322 ملغم/كغم مادة جافة، ولوحظ أن بعض أصناف النباتات لها القدرة على النمو بوجود تراكيز عالية من الرصاص فمثلاً

بعض أصناف الخس تستطيع امتصاص تراكيز عالية من الرصاص تصل إلى 0.15 % من الوزن الجاف في المناطق شديدة التلوث.

يعتمد امتصاص الذبات للرصاص على ظروف التربة وصفات جذور النباتات، فيزداد امتصاصه في الترب الحامضية وفي الترب ذات المحتوى المنخفض من المادة العضوية والفسفور، وتمتص الحشائش والنباتات ذات الجذور السطحية كميات أعلى من الرصاص مقارنة بالنباتات ذات الجذور العميقة.

يتركز الرصاص الممتص في الجذور وهو قليل وبطيء الحركة إلى الجزء العلوي من النبات، وقد وجد أن 3 % من الرصاص الممتص الكلي يمكن أن ينتقل إلى الساق و 5 % ينتقل إلى الأوراق، ولم تُسجل أعراض سمية الرصاص على الذبات ولكن زيادة تركيزه في الذبات يشكل خطراً على الحيوان، وذلك لسميته العالية بالنسبة للحيوان، وقد بينت الدراسات الارتفاع الكبير للرصاص في بول وعظام وكبد الحيوانات التي تتغذى بأعشاب يرتفع فيها تركيز الرصاص، وبات واضحاً تسمم الحيوانات بالرصاص في مناطق التعدين نتيجة لتلوث الحشائش والأعشاب بالرصاص، ويجب أن لا يتجاوز تركيزه عن 10 ملغم/كغم في المادة الغذائية الجافة للوجبة اليومية من العلف.

تلوث الماء:

يبلغ متوسط تركيز الرصاص في مياه البحر 0.3 ميكروغرام/لتر وفي مياه الأنهار الطبيعية غير الملوثة 3 ميكروغرام/لتر، وتركيزه المنخفض جداً في المياه الطبيعية يشير إلى حصول التلوث عند رصده بتراكيز عالية، وقد يصل تركيزه في المياه السطحية الملوثة إلى 0.03 ملغرام/لتر، وتركيزه منخفض في المياه الجوفية ويعتمد على الظروف الجيوكيميائية للمياه والتلوث الذي قد يحصل بسبب النشاط البشري، وقد حددت منظمة الصحة العالمية (4) التركيز الأعلى للرصاص (عضوي ولاعضوي) المسموح به في مياه الشرب بـ 0.05 ملغم/لتر، واستخدم التركيز نفسه ليكون القيمة المعيارية القصوى وفقاً للمعايير الأوربية، ويحدث التسمم بالرصاص إذا ارتفع تركيزه في مياه الشرب عن 0.1 ملغم/لتر، ويشكل الرصاص الذي يدخل جسم الإنسان مع مياه الشرب نسبة كبيرة من الكمية الإجمالية التي يمتصها جسمه.

إن استخدام الرصاص في صناعة أنابيب نقل مياه الشرب وشبكات الأقنية وتغليفة الجدران الداخلية للخزانات هو المصدر الرئيس لتلوث الماء بالرصاص، إذ تتسرب كميات كبيرة منه إلى الماء لا سيما عندما تكون تلك المواد جديدة، وتتكون على السطوح الداخلية للأنابيب طبقة من كربونات الرصاص لا تنحل بالماء تعزل بين معدن الأنابيب والماء فتعيق تسرب الرصاص إلى الماء، إلا أن هذه الطبقة يمكن أن تتآكل عندما تكون المياه حامضية أو بوجود بعض المركبات التي تفتتها مما يؤدي إلى وصول الرصاص إلى الماء، ويرتفع تركيز الرصاص في الماء في حالة ركوده وهو ما يفسر ارتفاع تركيزه في مياه الخزانات أثناء الليل وفي الصباح الباكر، لذا ينصح عند فتح صنابير المياه عدم استخدام الماء المتدفق أولا للشرب أو لتحضير الطعام، لان ما يتدفق أولا من مياه الصنبور يحتوي على تركيز مرتفع من الرصاص، ويسبب استخدام الأنابيب ذات الماهية البلاستيكية زيادة تركيز الرصاص في مياه الشرب أيضاً، وذلك بسبب إضافة سترات الرصاص أثناء عملية تصنيع هذه الأنابيب لزيادة صلابتها ومقاومتها، وقد بينت الاختبارات التي أجريت على مجموعة من الأحياء التي تستخدم الأنابيب العادية المصنوعة من حديد الزهر لنقل المياه أن كمية الرصاص في مياه الشرب كانت بين 5-55 مكروغرام/لتر وبمتوسط قدره 30 مكروغرام/لتر بينما كان تركيزه في الأحياء التي تكون شبكة المياه فيها مصنعة من متعدد كلوروفينيل بين 111-161 مكروغرام/لتر وبمتوسط قدره 131 مكروغرام/لتر، وقد تتلوث المياه السطحية مثل مياه الأنهار والجداول والمياه الجوفية مثل مياه الآبار بالرصاص

من مياه الصرف السطحي والعميق الملوثة بالرصاص والقادمة من المصانع أو من النشاط البشري.

تلوث الغذاء:

يدخل الرصاص في السلسلة الغذائية للإنسان نتيجة لتلوث مصادر الغذاء النباتية والحيوانية التي يستهلكها، ولا تتساوى النباتات في امتصاصها للرصاص من التربة، وبشكل عام فان الكميات التي يمتصها النبات تعد قليلة جدا مقارنة بمصادر التلوث الأخرى التي تسبب ارتفاع تركيزه في النبات وأهمها الغبار والهواء الملوثين بالرصاص، لذا يمكن أن تبقى محتويات التربة من الرصاص كما هي بغض النظر عن نوع الغطاء النباتي، ويمكن أن يمتص الغطاء النباتي الصالح للأكل وغير الصالح للأكل الرصاص من الهواء الجوي ، وتكون الحشائش أكثر النباتات تلوثاً وقد يصل تركيزه فيها إلى 20-60 ملغم/كغم، وأعلى تركيز للرصاص يكون في جذور النبات، ثم في الأوراق، وأقله في الساق، ولا يتجمع في الأجزاء الثمرية، وقد يتلوث غذاء الإنسان نتيجة استخدام المبيدات الزراعية الحاوية على الرصاص إلا أن كميتها محدودة جداً من الكمية الكلية التي تصل للإنسان. ويعد استخدام العلب المعدنية في حفظ الأغذية المصنعة من المصادر الرئيسة لتلوث الأغذية المعلبة كما تحوي الأغلفة الرقيقة للعلب المستخدمة في حفظ الأغذية على كميات قليلة من الرصاص، وفي دراسة لمنظمة الصحة العالمية (4) ذكرت أن متوسط تركيز الرصاص في أغذية الأطفال المعلبة المحفوظة في علب معدنية هو 0.24 ملغم/كغم بينما كان متوسط تركيزه في نفس الأغذية المعلبة والمحفوظة في أواني زجاجية 0.04 ملغم/كغم.

الآثار الفزيولوجية للتلوث بالرصاص:

يحمل جميع البشر الرصاص في أجسامهم ويعتقد أن تركيزه في جسم الإنسان الحالي يبلغ 500 مرة بقدر تركيزه في جسم الإنسان قبل عصر التصنيع (6)، والرصاص من اخطر المعادن لأنه لا يدخل في فسيولوجيا جسم الإنسان، ووجوده في جسم الإنسان بمعدلات أعلى من المسموح بها يعد نذير خطر، وتصنفه منظمة الصحة العالمية ضمن مجموعة الملوثات الرئيسة، ويؤدي إلى تسمم مزمن في جسم الإنسان و تتركز آثاره على المخ ويؤدي إلى التخلف العقلي، ومن خصائص الرصاص هو قدرة أيوناته على التفاعل مع مجموعة سلفاهيدرن SH– في البروتين، لذا قد يسبب كبح ما لا يقل عن انزيمين لهما دور اساس في تركيب الهيماثين (هيموغلوبين الدم) مسبباً الانيميا، وتشير بعض الدراسات على ان الرصاص في الدم له علاقة بخلل التوازن الكيميائي في مخ الأطفال (الانزيمات) مما يؤدي إلى تدهور القدرة على الاستيعاب والتوتر العصبي، وله تأثيرات سامة على الكلى وما ينتج عنه من امراض نفسية وعضوية، مثل: ارتفاع ضغط الدم والعقم والسرطان.

يؤثر الرصاص في الكبار والصغار، لكن تأثيره في الأطفال اكبر نتيجة لنشاطهم واستنشاقهم لكميات أكبر من الهواء مقارنة مع البالغين، ولأن جهازهم المناعي يكتمل نموه بعد، ولأنهم ينمون بسرعة ولسهولة امتصاص الرصاص، وبطء إخراجه والتخلص منه، وحساسية الجهاز العصبي المركزي الشديدة لهذا النوع من التلوث في أثناء نمو الطفل وتطوره خصوصاً في السنوات الخمس الأولى من عمر الطفل، مما ينعكس سلباً في قدرات الطفل العقلية والذهنية، لكون الجهاز العصبي هو المتحكم في التخاطب والذكاء والتحصيل الدراسي، وقد تبنت منظمة الصحة العالمية تركيزاً للرصاص في دم الأطفال يعادل 250 ميكروغراماً/ لتر كحد فاصل لظهور الآثار الصحية السلبية، وبينت الدراسات ان هذا الحد غير آمن، فتم تخفيضه عند الأطفال الصغار إلى 100 مكروغرام/ لتر، وفي دراسات حديثة تم التأكيد على الأثر السلبي للرصاص على عامل الذكاء عند تراكيز الرصاص في الدم بدءاً من 50 ميكروغرام/ لتر، وأقل من ذلك أحياناً، إذ يظهر تخلف عقلي خفيف عند نسبة صغيرة من الأطفال، وبينت الإحصائيات التي

توصلت إليها "L'INSERM" في 1999 بفرنسا، أن عدد الأطفال المعرضين لخطر التسمم بالرصاص يتراوح بين 150000 إلى 300000 طفل، و85000 طفل يعانون التسمم بالرصاص بتركيز قدره 100 ميكروغرام/لتر بداية عتبة التسمم بالرصاص، وأن 8200 إلى 11600 طفل يعانون من تسمم تركيزه أعلى من 1250 ميكروغرام/لتر، وخطورة التلوث بالرصاص ليس فقط على الجهاز العصبي المركزي فقط بل تشمل أيضاً الجهاز المناعي والدم، وخاصة إن تأثير التعرض للرصاص قد يظهر بعد التوقف عن التعرض له.

يدخل الرصاص جسم الإنسان عن طريق المجاري التنفسية والأغذية والمشروبات ، ويكون معدل امتصاص المحمول جواً داخل جسم الإنسان أعلى من معدل امتصاص الذائب بالماء ، وقد يصل الرصاص المستنشق داخل الرئة إلى 40 % في حين لا يتجاوز المعدل نسبة 10% في حالة الامتصاص عن طريق الفم والجهاز الهضمي، وأثبتت الدراسات في أوروبا والولايات المتحدة أن تصفية البنزين من الرصاص أدت إلى انخفاض مستوى الرصاص في دماء الأطفال بنسبة 90 %؛ مما أدى في المقابل إلى خفض نسبة العجز أو الإعاقة عن التعلم لدى الأطفال بنسبة 40 %.

يطرح الجسم الرصاص مع البول والبراز والعرق، وعندما تتجاوز الكمية الداخلة للجسم الكمية المطروحة منه فان الزائد يتراكم في أنسجة الجسم والعظام، وتنتقل كمية قليلة منه لتستقر في النسيج العظمي باستمرار، لذا فانه يعمل على تغيير دالة الحامضية للدم (pH)، والذائب منه في الدم ينتقل مع الدورة الدموية فيعمل على تلف الأنسجة، وله القدرة على الانتقال من الأم إلى الجنين .

يحصل التسمم بالرصاص بصورة عامة عندما يبلغ تركيزه في الدم 80 ميكروغرام/ 100 غم ومن أهم أعراضه تكسّر كريات الدم الحمراء وظهور خط أزرق مائل للسواد في اللثة، وقلة نسبة الهيموغلوبين في الدم، وحدوث الأنيميا، ويسبب الصداع والضعف العام وحدوث مغص معوي يؤدي إلى التقيؤ، وقد يسبب التسمم بالرصاص حدوث أنيميا ونقص في هيموغلوبين الدم وقد يحدث تلفا شديدا للكلى والكبد والمخ والجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي المحيطي، ويصاحب التسمم بالرصاص حدوث تقلصات في البطن مصحوبة بآلام شديدة وقد يحدث مغص كلوي وصعوبة في التخلص من حمض البوليك والإصابة بالنقرس وقد يحدث للكلى التهاب مزمن قد ينتج عنه فشل كلوي يزداد وضوحا عند الإصابة بالنقرس، ويتراكم في المفاصل والكلى ويتلف الكلى وجهاز التكاثر ويحل محل الكالسيوم في أنسجة العظام، وبالنسبة للكبد فإن الرصاص قد يتسبب في حدوث التهاب كبدي قد يتطور إلى تليف كبدي ودوالي في المريء ثم ارتفاع في حموضة المعدة والإثنى عشري، وقد تنتهي بغيبوبة كبدية، وبالنسبة للجهاز العصبي يظهر شعور بالإرهاق والخمول وتوتر زائد والتهاب في الأعصاب واضطرابات عصبية قد تؤدي إلى الشلل في الحالات الشديدة، وقد يصاب الفرد بالصرع مع تشنجات عصبية شاملة والدخول في غيبوبة، وبالنسبة للرئتين فإن الرصاص يحدث تهيجا في أغشية الشعب الهوائية فتحدث حالات ربو ونزلات شعبية، وأحيانا يحدث تليف للقلب، ويمكن أن يحطم الجهاز العصبي للأطفال، ويؤدي تراكمه في النساء إلى الإجهاض وتشوه الأجنة، ويسبب القلق النفسي والليلي وقد تسبب التراكيز العالية الوفاة ، أما التراكيز الواطئة فقد تسبب بطء النمو (8)، ويظهر على صغار الأطفال الذين يتعرضون لتراكيز عالية من الرصاص نقص في معدلات الذكاء مع صعوبة في التركيز قد تصل بهم إلى حالة تخلف عقلي، ويرجع ذلك إلى ترسيب الرصاص في المخ وما يحدثه من إعاقة لنمو خلايا المخ وباقي الجهاز العصبي، ويتأثر النمو العام للطفل أيضاً بذلك وقد وجد أن ارتفاع معدلات الرصاص عند الحوامل أدت إلى نقص أوزان أجنتهن، وقد ينتج عن ذلك التلوث ولادة أطفال متخلفين عقليا او مشوهين، وفي دراسة أجريت في جمهورية مصر العربية باختيار 30 طفلا من بيئة بها احتمال التعرض للرصاص من مناطق المصانع، والحرف اليدوية التي يستخدم فيها الرصاص واستخدام أواني الطعام المطلية بالرصاص،

وعوادم السيارات، و 30 طفلا من بيئة بعيدة عن هذه الملوثات، وكان متوسط العمر في المجموعتين ست سنوات وخمسة أشهر، وتم تحديد العمر اللغوي والعمر العقلي "معامل الذكاء" وصعوبة التحصيل الدراسي في أفراد المجموعتين، واستبعدت الأسباب الأخرى لتأخر اللغة مثل الضعف السمعي وغيرها من الأسباب، وأظهرت النتائج انخفاض العمر العقلي بمعدل عام والعمر اللغوي بمقدار عامين في المجموعة التي تعرضت للرصاص، وكثر فيهم صعوبة التحصيل الدراسي، وكانت هذه النتائج ذات دلالة إحصائية، وقد وجد أن معدل الرصاص في بول الأطفال في المجموعة الأولى "مجموعة تأخر نمو اللغة" هو 1605 وحدات قياس مقارنة بـ 302 وحدة قياس من أطفال البيئة المقترح خلوها من الرصاص، ويوضح ذلك وجود علاقة بين تأثير التعرض للرصاص في ذكاء وتخاطب الأطفال وتحصيلهم الدراسي، وهو ما يعكس خطورة التعرض للتلوث بالرصاص وبخاصة في الأطفال، ومثل هذه النتائج تدعوا الجميع للمنع الإسهام بمنع التلوث البيئي عامة وبالرصاص خاصة.

المراجع العربية :

1- الصطوف، عبدالاله الحسين.1995 .التلوث البيئي. منشورات جامعة سبها- ليبيا.
2- جريدة النور- العدد 283 بتاريخ (2007/2/28)
3- حجوز ، عبد الناصر عبد الحليم.2004. دراسة مكونات العناصر الكبرى والصغرى (المعادن الثقيلة) في أوراق العفص الشرقي *Pllatyladus oriientals* وفي التربة التي ينمو عليها. مجلة جامعة سبها – العلوم البحتة والتطبيقية، المجلد 3 – العدد 3 (عدد خاص)، ص: 65 – 73 .
4- منظمة الصحة العالمية.1999 . دلائل جودة مياه الشرب . الجزء الأول. الطبعة الثانية. المكتب الاقليمي لشرق المتوسط. الاسكندرية – مصر.

المراجع الأجنبية:

5- Arnon.1996. Lead pollution: A blight on the future. Africa Health. 18. p.7 .
6-Sridhar,M.k. Lead levels in Affrican cities. www.
7- Mengel, K. And E.A. Kirkby . 2003. Principles of Plant Nutrition. Kluwer Academic Publishers.
8- Ohio-EPA .2002. Leads and lead compounds. Pollution. Preventation Fact. sheet No. 94.

8-http://www.greenline.com.kw/Reports/037.asp

9 – http://www.islamonline.net/Arabic/news/2002-03/11/article38.shtml
http://www.4eco.com/2007/02/post_18.html