مجلة اتحاد الجامعات العربية
للعلـــوم الزراعيـــة
جامعة عين شمس ، القاهرة
مجلد(24)، عدد (1)، 115-125، 2016

تركيز العناصر الثقيلة (الكروم – الكادميوم – الرصاص) في بعض مجموعات الخضار المزروعة في مواقع على طول مجرى مياه نهر العاصي في حماه – سوريا [8]

عبد الرحمن قاسم[1] – رياض بلدية[2] – خالد المحمد[2]
1- هيئـــة الطاقـــة الذريـــة – دمشق – سوريـــا
2- قسم الهندسة الريفية – كلية الزراعة – جامعة دمشق – دمشق – سوريا

الكلمات الدالة: نهر العاصي، الخضار، حماه، Cd- Cr- Pb ، العناصر الثقيلة

الموجـــــز

تم تقدير تركيز العناصر الثقيلة (Pb-Cd-Cr) الأكثر تلوثاً للبيئة والأنهار في أربعة عشر نوعاً من الخضار على مدى موسمين زراعيين (2013-2014 ، 2014-2015)، تعود لثلاث مجموعات من الخضار هي (الورقية والدرنية والثمرية)، وذلك باستخدام جهاز الامتصاص الذري، حيث تم جمع العينات من ستة مواقع مختلفة ضمن محافظة حماه والقريبة من مجرى نهر العاصي والتي تتباين في عمليات الري ومصدر مياه الري.

وأظهرت هذه الدراسة عدم وجود فروق معنوية ($P> 0.05$) بين أنواع مجموعات الخضار في محتواها من العناصر الثقيلة داخل كل موقع على حدى. إلا أنها أظهرت بوضوح وجود فروق معنوية عالية جداً ($P< 0.0001$) في محتويات الخضار من العناصر الثقيلة من مواقع جمعها بمقارنة المواقع مع بعضها، مما يدل على تأثر هذه الأنواع من الخضار بالمياه التي تسقى منها.

وكان متوسط تركيز الكادميوم أعلى من التراكيز الطبيعية العالمية وفقاً للدراسات المماثلة، أما متوسط الرصاص والكروم فكان أقل من المتوسطات العامة للخضار المماثلة من دول أخرى.

المقدمة والدراسة المرجعية

ارتبط وجود الإنسان تاريخياً على سطح الأرض ارتباطاً وثيقاً بوجود الماء، فمعظم الحضارات القديمة قامت وازدهرت على ضفاف الأنهار وذلك بفضل التحكم الجيد بالماء.

وتعد الأراضي على ضفتي نهر العاصي من الأراضي الخصبة وتزرع منذ زمن قديم بزراعة مكثفة حيث تروى من مياه النهر، والتي أصبحت بدورها تتلقى العديد من الملوثات التي تحتوي على عناصر ثقيلة وكذلك بعض الشوارد والتي أحدثت خللاً في تركيب مياه النهر وكذلك الترب التي تروى بمياهه ويضاف إلى ذلك الأسمدة والمبيدات والتي تلعب دوراً لابأس به من تلوث التربة والمياه بمختلف أنواع الملوثات، والتي تنتقل بدورها للنباتات المزروعة ومنها للإنسان والحيوان عبر السلسلة الغذائية.

(تسليـــــم البحث فى 11 اكتوبر 2015)
(مراجعة البحث فى 25 أكتوبـــر 2015)
(قبـــــول البحث فى 1 نوفمبر 2015)

تؤثر المعادن والعناصر الكيميائية الأخرى الموجودة في الغذاء في صحة الانسان، فبعضها له وظيفة بيولوجية مفيدة ومعروفة، وبعضها الآخر ليس له وظيفة بيولوجية معروفة، وقد يكون ضاراً بصحة الانسان، ومنها مركبات الزئبق العضوية السامة للأعصاب (Neurotoxions)، ومركبات الرصاص المؤذية للجهاز العصبي الحركي (Neuropsychological) والزرنيخ اللاعضوي المسرطن، والكاديوم الذي يؤثر في الوظيفة الكلوية. وتسبب بعض العناصر الأخرى تأثيرات صحية لفترة قصيرة عندما يتعرض الإنسان لمستوى مرتفع منها، كتعرضه إلى مستوى مرتفع من القصدير الذي يسبب اضطراباً في المعدة (**Murray et al 2000**)، كما أن هناك عناصر أخرى كالنحاس والكروم والسيلينيوم والزنك ضرورية للصحة والحياة، ويمكن أن تكون سامة إذا تعرض الأنسان لمستوى مرتفع منها (**Ysart et al 2000**).

وتعد العناصر الثقيلة مثل الرصاص والكروم والزئبق والكاديوم من أهم ملوثات البيئة وأكثرها انتشاراً (**Somainah and Haj Ali, 1997 ; Thornton, 2001 and Goyer, 2006**).

يعزى التلوث المعدني للتربة والنباتات إلى نشاطات الانسان الصناعية المتعددة من صهر المعادن وطلائها وسائر الأعمال المعدنية الأخرى بالإضافة إلى صناعة الجلود ودباغتها، وذلك لما تنفثه من غازات ودخان وما تسربه من كيماويات إلى الماء وما تخلفه من نفايات صلبة. كما تساهم أيضا في تلوث البيئة النشاطات الناتجة عن اتساع المدن وتطورها وما يرافقها من مخلفات متعددة والتي تعرف إجمالاً باسم مخلفات المدن بالإضافة إلى بقايا الأسمدة والمبيدات(**FAO /WHO, 1998a and Goyer, 2006**).

ويعد الرصاص ملوثاً عاماً للبيئة، وذلك بسبب إضافته إلى البنزين ودخوله كمادة شائبة في كثير من المعادن وخلائطها وبخاصة خليط اللحام. وقد خفف استعمال البنزين الخالي من الرصاص من نفث غاز أكسيد الرصاص في الجو الناشئ من احتراق رباعي إيتيل الرصاص الذي يستعمل كمادة مضادة للدق في بنزين السيارات (**Sawyer et al 2004**) ويؤثر الرصاص في الأطفال أكثر من غيرهم ويسبب أذيات دماغية وكلوية (**Bolger et al 2006**) ويأتي الكاديوم بوصفه ملوثاً ساماً سهل الانتشار لأنه يستعمل بكثرة في صناعة البطاريات والدهانات والبلاستيك، كما أنه يستعمل في طلي منتجات الحديد المختلفة لمنع تآكلها، كما يساهم رمي المخلفات الصلبة والسماد الفوسفاتي في تلوث البيئة بالكاديوم.

وينتشر استخدام الكروم في صناعة الخلائط المعدنية وأفران الصهر ويدخل كعوامل محفزة وفي صناعة الطلاء وإنتاج الكرومات، وصناعة الجلود. أما الزئبق فيكثر استعماله كمغلفات ويدخل في بعض الأجهزة والأدوات العلمية وبعض أنواع البطاريات وبعض المصابيح ويستعمل في استخراج الذهب والفضة، وتعد مركبات الزئبق الميتيلية أحد مصادر التلوث بالزئبق.

في العقود الأخيرة لاقت محاصيل الخضار من ضمن أنواع الأغذية اهتماماً متزايداً نظراً للتوصية بزيادة تناولها لفوائدها الغذائية العديدة، ولاحتمال تأثرها بتلوث البيئة ولأن بعضها يمكن أن تؤدي دوراً هاماً في تراكم بعض العناصر الثقيلة. كما أنه حدث تقدم كبير في تحليل العناصر الثقيلة حيث يستخدم الآن طرق تحليل غاية الدقة يمكن بها تحري مستويات منخفضة من العناصر الثقيلة السامة. وتعد الطرق الحالية أدق وأشد حساسية من الطرق القديمة التي اعتمد عليها في وضع جداول تراكيز المعادن الواردة في كتب ومراجع التلوث بالعناصر الثقيلة (**Galal-Gorchev, 1993 and FAO/WHO, 1998b**).

بالإضافة إلى ذلك أن دخول عنصر نادر إلى أنسجة النباتات عرضة للتنافس مع العناصر النادرة الأخرى، ومن ثم فإن تركيز العناصر النادرة والثقيلة منها في النباتات ما هو إلا نتيجة تدخلات معقدة لعدد من العوامل منها مثلاً خصائص التربة، والتأثيرات المتبادلة بين العناصر، والممارسات العملية الزراعية، والتلوث البيئي، والعوامل الوراثية للنبات، بالإضافة إلى التأثيرات الموسمية (**Thornton, 1981 and Al-Rifai, 2008**). وللأسباب السابقة ولكون المجرى المائي لنهر العاصي داخل أراضي محافظة حماه عرضة للتلوث من مصادر مختلفة، فقد أجري في هذا البحث يهدف تحليل ثلاثة عناصر ثقيلة هي:

الرصاص، الكادميوم والكروم في الخضار التي تزرع على المجرى المائي السابق الذكر.

مواد البحث وطرائقه

جمع العينات

تم جمع أنواع مختلفة من الخضار التي تزرع من مناطق مختلفة على طول مصدر مياه الري لمجرى نهر العاصي – حماه، وأخذت العينات في وقت حصادها الطبيعي، وذلك خلال الموسمين الزراعيين (2013 – 2014) و (2014 – 2015) وشملت عينات الخضار المأخوذة ثلاث مجموعات هي: الورقية والثمرية والدرنية، والتي يبين **الجدول رقم (1)** أسماءها، وهي خمسة أنواع من الخضار الورقية، وخمسة أنواع من الخضار الثمرية، وأربعة أنواع من الخضار الدرنية.

وأخذت العينات من ستة مواقع كما هو موضح في **الجدول رقم (2)**، والتي تقع على المجرى المائي لنهر العاصي بدءاً من سريحين وانتهاءً بمنطقة سد محردة والموضحة **بالشكل رقم (1)**.

جدول رقم 1. مجموعات الخضار تحت الدراسة وأنواعها ونظم الري المتبعة

الرقم	اسم المجموعة	أنواع الخضار	نظام الري المتبع
1	الخضار الورقية (Leaf vegetables)	نعنع، بقدونس، خس، سبانخ، ملوخية	التنقيط ، السطحي (خطوط و أحواض)
2	الخضار الثمرية (Fruit vegetables)	بندورة، باذنجان، كوسا، خيار، فاصولياء	الرذاذ ، التنقيط
3	الخضار الدرنية (Tube vegetables)	بطاطا، بصل، ثوم، فجل	الرذاذ ، السطحي (خطوط وأحواض)

جدول رقم 2. مواقع جمع العينات وبعدها عن مصدر المياه

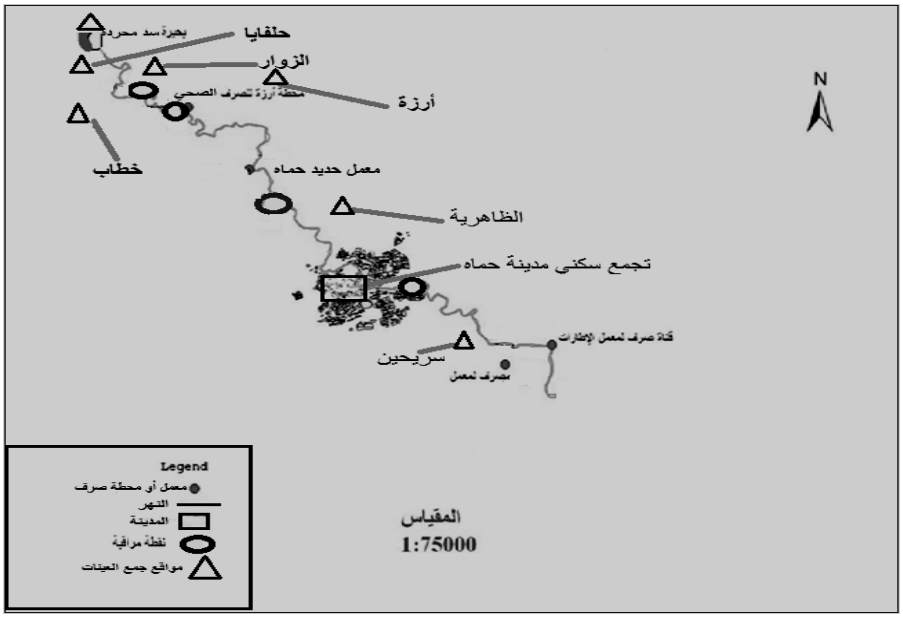
رقم الموقع	اسم الموقع	متوسط البعد عن مجرى نهر العاصي (كم)
1	سريحين	1.5
2	الظاهرية	2
3	أرزة	2.5
4	خطاب	3
5	الزوار	1
6	حلفايا	1.5

وتتدرج مواقع جمع الخضار بدءاً من دخول النهر لمدينة حماه في منطقة سريحين (الموقع 1)، ثم منطقة الظاهرية (الموقع 2)، ثم يليه منطقة أرزة (الموقع 3)، وبعدها منطقة خطاب (الموقع 4)، وبعدها منطقة الزوار غرب مدينة طيبة الامام (الموقع 5)، وأخيرا منطقة حلفايا قبل سد محردة (الموقع 6).

وتم الحصول على عينات عشوائية للخضار من مختلف أجزاء الحقل المزروع وبكميات كافية تتراوح من (500 – 1000 جرام)، ووضعت في أكياس من الورق. وفي المختبر تم فصل الأجزاء المأكولة وغسلت جيداً بالماء العادي (من الصنبور) ثم بالماء المقطر، ومن ثم جففت من ماء الغسيل في جو الهواء العادي، ثم تم خلط العينات بشكل متجانس كل واحدة على حدى وأخذ منها 5 جرام للتحليل.

تحاليل المياه المستخدمة بالري

تم أخذ عينات من مياه مجرى النهر المستخدمة في عمليات الري وذلك على عمقين (0–50) و (50–100)، وتم دمج العينتين ببعضها لتصبح عينة واحدة، وحفظت بعبوات بلاستيكية سعتها (100 لتر) في البراد لحين تحليلها والحصول على النتائج الموضحة **بالجدول رقم (3)**.



الشكل رقم 1. توزع مواقع جمع العينات على مجرى النهر

جدول رقم 3. محتوى مياه الري من (Pb، Cr, Cd,) وبعض الخواص الكيميائية

الموقع	Ph	E.C ميكرو موز/سم	Pb (ppb)	Cd (ppb)	Cr (ppb)
سريحين	7.75	850	310.6	198.33	49.32
الظاهرية	7.8	875.7	298	230.3	41.2
أرزة	7.44	950.8	331.62	285.42	52.112
خطاب	7.5	820	288.7	218.2	38.65
الزوار	7.7	880	269.47	180.42	42.5
حلفايا	7.5	790	271	189.63	47.5
الآبار الجوفية	7.59	565	60.457	72.526	41.65

هضم العينات

تم هضم العينات بالطريقة الجافة (الترميد)، ثم أخذ من كل عينة مكرران منهما 5 جرام من العينات المتجانسة إلى جفنة من البورسلان نظيفة، ووضعت في فرن على درجة (135°م) لمدة ساعتين، ثم نقلت إلى مرمدة ورفعت درجة الحرارة تدريجياً إلى (500°م)، واستمر الترميد بدرجة الحرارة السابقة لمدة 16 ساعة. وبعد ذلك سحبت العينات وتركت لتبرد ضمن مجفف زجاجي مغلق قبل إضافة (2 مل) من حمض النتريك المركز، وبخر الحمض ببطيء وحذر على صفيح ساخن حتى جفاف الرماد. بعدها نقلت مرة ثانية إلى المرمدة، ورفعت درجة حرارتها تدريجياً حتى (500°م)، وتركت في هذه الدرجة لمدة ساعة واحدة، حيث رفعت وبردت.

وأعيد الترميد مرة ثانية بعد أكسدة الرماد بحمض النتريك المركز للحصول على الرماد الخالي عملياً من الكربون. وأضيف إلى الرماد الناتج (15 مل من 1N-HCL) ، وأذيب الرماد بتسخينه تدريجياً على صفيح ساخن (Hot plat)، ونقل كلياً إلى دورق معياري حجمي سعته (25 مل). وللتأكد من إذابته بالكامل سخنت الجفنات وغسلت مرتين، في كل مرة أضيف لماء الغسيل (5 مل من 1N-HCL)، وأضيفت إلى الدورق الحجمي، واستكمل الحجم بحمض الهيدروكلوريك الممدد. بعدها رشحت محتويات الدورق ونقلت إلى عبوات من البولي إيتيلين محكمة الإغلاق، وتم حفظها بالبراد لحين تحليلها.

تقدير العناصر الثقيلة

استعمل جهاز الامتصاص الذري مزود بفرن غرافيت (Atomizer Graphite tube) (GTA.96) مما يسمح بتقدير تراكيز ميكرو جرامات من العناصر في كيلو جرام من المادة الجافة. والجهاز المستعمل من نوع (Varian Spectra, AA-10) وتم تعيين عناصر (الرصاص، الكادميوم، الكروم) وتقديرها. وتعتمد التقنية المتبعة في تقدير هذه العناصر على حقن ثلاثة تراكيز مختلفة من المعدن للحصول على المنحني المعياري الذي يربط التركيز بالامتصاص. وبعد رسم المنحني المعياري (Calibration Curve) حقنت عينات الخضار المعدة مسبقاً بمحقن (20 ميكرو لتر)، وكرر حقن العينة مرتين. وللتأكد من ثبات شروط التحليل حقن أحد المحاليل المعيارية الأقرب في تركيزه للعينات عدة مرات متتالية في أثناء تحليل العينات للوقوف على دقة التعيين.

وعبر عن جميع النتائج على أساس ميكروجرام من العنصر/كج (جزء بالبليون PPB) من المادة الرطبة.

التحليل الإحصائي

أجري تحليل الاختلافات (ANOVA) وفق التصميم العشوائي الكامل (completely randomized design) باستخدام برنامج Costat (Cohort 3) ، حيث كان عدد المتغيرات (variables) ثلاثة وهي المعادن المدروسة، وعدد العوامل (Factors) اثنان هما موقع جمع العينات ونوع مجموعة الخضار. واعتبر الاختبار معنوياً إذا كانت ($P < 0.05$) .

النتائج والمناقشة

تأثير مواقع جمع الخضار في تركيز المعادن

تعرض **الجداول (4 ،5 ،6)** تغيرات متوسط تركيز الرصاص والكادميوم والكروم (Pb– Cd-Cr) في الخضار المجموعة من المواقع الستة المدروسة على مجرى مياه نهر العاصي في حماه.

1– الرصاص Pb

يوضح **الجدول رقم (4)** أن المتوسط العام للرصاص في جميع أنواع الخضار المدروسة وعددها (14) نوعاً من الخضار بلغ (6.956 ppb) من الوزن الرطب، وهذا أقل بعشر مرات من متوسط الخضار الخضراء في المملكة المتحدة، حيث بلغ متوسط تركيز الرصاص في (400 عينة) في دراسة مسح وطنية (61 ppb) من الوزن الطازج (**Ysart et al 2000**)، إلا أن مستوى الرصاص في الخضار السورية اختلف كثيراً حسب موقع جمع العينات. ففي الخضار التي جمعت من الموقع رقم (1) بلغ (13.122 ppb) ليرتفع في الموقع رقم (2) ويصل إلى أعلى قيمة له (21.67 ppb) ويعود الارتفاع في قيمة المتوسط في هذين الموقعين إلى تلوث مياه النهر بسبب مجاري معمل الاطارات وكذلك وجود رحبة صيانة عسكرية في تلك المنطقة ووجود معمل لصهر الحديد والتي تلقي بمخلفاتها إلى مجرى النهر، حيث تعتمد تلك المنطقة على ري مزروعاتها من مياه النهر بشكل مباشر. ثم يعود المتوسط بالانخفاض في الموقع رقم (3) إلى (4.14 ppb) وفي الموقع رقم (5) يبلغ (2.14 ppb) لينخفض في الموقع رقم (4) إلى (0.604 ppb) وينخفض ليصل إلى أقل قيمة له في الموقع رقم (6) ليبلغ القيمة (0.053 ppb) ويعود الانخفاض في قيمة المتوسط في الموقعين (4 و 6) إلى اعتماد المزارعين في تلك المنطقة على ري مزروعاتهم بمياه الآبار الجوفية.

جدول رقم 4. تغيرات متوسط الرصاص (Pb) والخطأ المعياري والحد الأدنى والأعلى في الخضار المدروسة وفق مواقع جمعها

رقم الموقع	المتوسط Ppb	الخطأ المعياري Ppb	الحد الأدنى Ppb	الحد الأعلى Ppb
1	13.122	6.456	0.38	47
2	21.672	11.007	2.2	69
3	4.14	0.964	1.6	6.15
4	0.604	0.129	0.17	1.32
5	2.14	0.253	1.4	3.2
6	0.053	0.01	0.02	0.09
المتوسط العام	6.956	3.1365	0.02 *	69 **

*أصغر الحدود الدنيا ** أكبر الحدود العليا

الجدول رقم 5. تغيرات متوسط الكادميوم (Cd) والخطأ المعياري والحد الأدنى والأعلى في الخضار المدروسة وفق مواقع جمعها

رقم الموقع	المتوسط Ppb	الخطأ المعياري Ppb	الحد الأدنى Ppb	الحد الأعلى Ppb
1	204.883	111.327	0.17	915
2	151.833	28.575	91.5	244
3	657.25	113.953	367	977
4	1.239	0.797	0.2	5.18
5	0.497	0.0778	0.25	0.85
6	0.366	0.088	0.12	0.87
المتوسط العام	169.345	42.47	0.12 *	977 **

*أصغر الحدود الدنيا ** أكبر الحدود العليا

جدول رقم 6. تغيرات متوسط الكروم (Cr) والخطأ المعياري والحد الأدنى والأعلى في الخضار المدروسة وفق مواقع جمعها

رقم الموقع	المتوسط ppb	الخطأ المعياري Ppb	الحد الأدنى Ppb	الحد الأعلى Ppb
1	3.533	0.801	1	5.8
2	0.422	0.0412	0.29	0.5
3	0.66	0.204	0.12	1.8
4	0.526	0.064	0.2	0.71
5	0.19	0.059	0.04	0.54
6	0.152	0.087	0.003	0.58
المتوسط العام	0.9138	0.209	0.003 *	5.8 **

*أصغر الحدود الدنيا ** أكبر الحدود العليا

2– الكادميوم Cd

يوضح **الجدول رقم (5)** متوسطات تراكيز الكادميوم (Cd) في الخضار وفق مواقع الدراسة الستة، وهي عالية المعنوية. بلغ المتوسط العام للكادميوم في أنواع الخضار المدروسة (169.345 ppb). وهذا المتوسط أعلى بنحو ثمان مرات ونصف من المتوسط العام للخضار الورقية في المملكة المتحدة (20.1 ppb) (**Ysart et al 2000**)، وأعلى بحوالي ثلاث مرات فقط من المتوسط العام للخضار الدرنية التي تنمو في بريطانيا.

ولا يعني هذا أن مستوى الكادميوم في جميع الأنواع للخضار المدروسة هي أعلى من متوسطات الخضار في بريطانيا لأن الخضار المجموعة من المواقع (4،5،6) تراوح متوسط التركيز فيها بين (0.366 – 1.239 ppb) وهو أدنى بكثير من المتوسط البريطاني (20–40 ppb). وهذه المواقع الثلاثة السابقة تعتمد على الري من المياه الجوفية وتكاد تكون مياه المجرى المائي المجاور لها خالية من الملوثات الصناعية في حين تلوثها بشكل أساسي من المنصرفات الزراعية من مبيدات وأسمدة، في حين أن الموقع رقم (3) سجل أعلى قيمة لمتوسط تركيز الكادميوم (Cd) (657.25 ppb)، ويعود هذا الإرتفاع إلى وجود منصرفات التجمع السكاني لمدينة حماه التي تضم منصرفات الطرق وتآكل إطارات السيارات وغيرها من مغاسل السيارات وتبديل الشحوم والزيوت والتي تعتبر من أكبر مصادر التلوث بالكادميوم والتي تنتهي لمحطة المعالجة التي تعمل بطريقة الحمأة المنشطة وتنتهي مياهها إلى صبيب النهر في تلك المنطقة.

ويجدر الإشارة إلى أن البحث البريطاني السابق والذي أجري بواسطة (**Ysart et al 2000**) والذي مسح العناصر الثقيلة في مختلف أنواع الأغذية ذكر بأن الخبز والبطاطا تساهمان في 25% من الكمية الكلية للكادميوم التي تدخل إلى جسم الإنسان. وفي مصر قدر (**Saleh et al 1998**) أن مدخول الفرد المصري الكهل هو (240 ppb / يوم) من الكادميوم وهو أكبر من الحد الأقصى المسموح به من قبل منظمة الصحة العالمية والتي قدرت (60 ppb / يوم) من الكادميوم لرجل وزنه (60 كج) (**WHO, 1993**).

3- الكروم Cr

يوضح **الجدول رقم (6)** متوسطات الكروم (Cr) في مواقع جمع العينات، حيث بلغ المتوسط العام (0.9138 ppb)، ولوحظ أن أدنى قيمة (0.152 ppb) كانت موجودة في الموقع رقم (6)، وأعلاها كان في الموقع (1) وبلغ القيمة (3.533 ppb). ولوحظ من خلال الجدول ذاته أن أعلى قيمة كانت (5.8 ppb) وهي أقل بنحو 4 مرات من متوسط الخضار البريطانية (23.0 ppb)، ويشير **(Zayed, et al 1998)** إلى إمكانية تجمع الكروم في نسيج جذور نباتات متعددة، وبخاصة نباتات الفصيلة الصليبية (Brassicaceae)، ويدل أيضاً على أن جميع النباتات المدروسة قادرة على تحويل الكروم السداسي التكافؤ في أنسجة الجذور إلى كروم ثلاثي التكافؤ، وأن انتقال الكروم من الجذور إلى الأوراق محدود جداً، حيث أن تراكم الكروم في الجذور بمعدلات تفوق الأوراق بنحو 100 مرة.

- **تركيز المعادن في مجموعات الخضار**

تم تقسيم أنواع الخضار المدروسة إلى ثلاث مجموعات كما هو مبين في **الجدول رقم (1)** والتي هي كالتالي: مجموعة الخضار الورقية (مجموعة 1) ومجموعة الخضار الثمرية (مجموعة 2) ومجموعة الخضار الدرنية وتشمل الدرنات والأبصال والجذور المخزنة (مجموعة 3). وسيتم مناقشة تركيز العناصر الثقيلة المدروسة في المجموعات الثلاث والمبينة في **الجداول (7،8،9)**.

النتائج المدونة في **الجدول (7)** تبين أن أعلى تركيز للرصاص كان في المجموعة (3) مجموعة الخضار الدرنية، فكان متوسط تركيز الرصاص فيها (16.6 ppb)، ثم يليها من حيث تركيز الرصاص المجموعة (1) مجموعة الخضار الورقية (7.06 ppb)، ثم الخضار الثمرية المجموعة (2) والتي احتوت على أقل تركيز للرصاص (1.83 ppb)، ولعل السبب في ارتفاع تركيز الرصاص في المجموعة الدرنية هو أن الجزء المأكول من الخضار يكون على تماس مباشر مع الرصاص الموجود في التربة **(Thornton, 2001)** ، ويتركز الرصاص في الأوراق من خلال انتقاله عبر الجذور إلى الورقة بالإضافة إلى ترسبات الرصاص من الجو المحيط ومياه الري الرذاذي على المسطح الورقي للنبات، وهنا يكون لحجم المسطح الورقي دور في تركيز الرصاص **(Meneh, et al 1997)**.

وتبين النتائج المدونة في **الجدولين (8 و 9)** بأن أعلى متوسط لتركيز الكادميوم والكروم كان في المجموعة (3) المجموعة الدرنية والذي كان للكادميوم (283.366 ppb)، وللكروم (1.749 ppb)، ويليها من حيث التركيز المجموعة (1) ومن ثم المجموعة (2). إلا أن التفاوت الكبير بين الحد الأدنى والحد الأعلى للمتوسطات يعطي مؤشراً على احتمال وجود تلوث للتربة بالعناصر الثقيلة أو من خلال مياه الري المستخدمة من مجرى النهر المجاور حيث تتلقى مياهه العديد من الملوثات الصناعية والزراعية ومخلفات التجمعات السكانية.

جدول رقم 7. تغيرات متوسط تركيز الرصاص والخطأ المعياري والحد الأدنى والأعلى وفق مجموعات الخضار

مجموعة الخضار	المتوسط (Ppb)	الخطأ المعياري (Ppb)	الحد الأدنى (Ppb)	الحد الأعلى (Ppb)
1	7.057	2.968	0.06	47
2	1.825	0.548	0.02	5.98
3	16.603	10.138	0.037	69
المتوسط العام	8.495	4.551	0.02 *	69 **

*أصغر الحدود الدنيا ** أكبر الحدود العليا

الجدول رقم 8. تغيرات متوسط تركيز الكادميوم والخطأ المعياري والحد الأدنى والأعلى وفق مجموعات الخضار

مجموعة الخضار	المتوسط (Ppb)	الخطأ المعياري (Ppb)	الحد الأدنى (Ppb)	الحد الأعلى (Ppb)
1	160.09	62.451	0.24	915
2	58.919	40.022	0.02	453.25
3	283.366	145.514	0.12	977
المتوسط العام	167.458	82.662	0.02 *	977 **

*أصغر الحدود الدنيا ** أكبر الحدود العليا

الجدول رقم 9. تغيرات متوسط تركيز الكروم والخطأ المعياري والحد الأدنى والأعلى وفق مجموعات الخضار

مجموعة الخضار	المتوسط (Ppb)	الخطأ المعياري (Ppb)	الحد الأدنى (Ppb)	الحد الأعلى (Ppb)
1	0.959	0.256	0.04	4.5
2	0.302	0.059	0.001	0.71
3	1.749	0.984	0.07	5.8
المتوسط العام	1.003	0.433	0.001 *	5.8 **

*أصغر الحدود الدنيا ** أكبر الحدود العليا

الاستنتاجات

من النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة يمكن أن نستنتج مايلي:

1–تبين بعد التحليل للنباتات وجود تلوث بتراكيز مختلفة من العناصر الثقيلة (Cr،Cd،Pb) منها ماهو أعلى من المعدلات الطبيعية العالمية مثل (Cd)، و كان تركيز كل من (Pb-Cr) أقل من المعدلات الطبيعية العالمية.

2–لم تظهر من خلال الدراسة فروقات معنوية بين تركيز العناصر الثقيلة ضمن المجموعات الخضار الثلاث حيث كانت ($P>0.05$) في كل موقع على حدى.

3–أظهرت الدراسة بأن هناك تفاوت كبير في تركيز العناصر الثقيلة ضمن المجموعة الخضرية نفسها تبعا للموقع المدروس وبعده عن مجرى المائي لنهر العاصي والمياه المستخدمة في عملية الري.

4–تتركز العناصر الثقيلة بشكل كبير ضمن أنسجة الجذور والجزء المأكول من الخضار الموجود تحت سطح التربة ومن ثم الأوراق ويليها الثمار.

5–كان ترتيب تركيز العناصر الثقيلة المدروسة ضمن مجموعات الخضار (الخضار الدرنية > الخضار الورقية > الخضار الثمرية) في الأجزاء المأكولة من الخضار.

6–تبين من خلال الدراسة بأن متوسط تركيز الكادميوم (Cd) كان أعلى من الرصاص (Pb)

والكروم (Cr)، مما يدل على وجود تركيزات عالية من الكادميوم ضمن مياه النهر والتربة المحيطة به.

التوصيات

1- إجراء تحاليل دورية لمياه النهر وتتبع الملوثات المنصرفة إليه وبخاصة العناصر الثقيلة ومعرفة إمكانية استخدام هذه المياه في ري المحاصيل والخضار في المناطق القريبة من النهر.
2- وضع خطط وسياسات تحدد حجم المنصرفات الصناعية والزراعية إلى مجرى النهر مع ضرورة معالجتها قبل انتهائها إلى النهر.
3- تحليل شامل للخضار والمحاصيل التي تزرع بالقرب من النهر وبخاصة التي تؤكل طازجة لمعرفة نسبة العناصر المعدنية المترسبة فيها والتي بدورها تنتقل للإنسان والحيوان عبر السلسلة الغذائية.
4- الاهتمام بدراسة النباتات المائية التي تنمو على ضفاف الأنهار ودور هذه النباتات في التنقية الذاتية لمياه النهر وتخليصه من الكثير من الملوثات وبخاصة العناصر الثقيلة.
5- العمل على زراعة نباتات والاعتماد عليها كأدلة حيوية للتلوث بالعناصر الثقيلة في الأماكن التي تتعرض للتلوث بالعناصر الثقيلة.

المراجـــــع

Al-Rifai, M.N. 2008. Irrigation of Damascus plain (the Ghouta) with polluted water from the Barada. In treatment and use of sewage effluent for irrigation, FAO Publication, **pp. 21-28**.

Bolger, P.M., Yess, N.J., Gunderson, E.L., Troxell, T.C. and Carrington, C.D. 2006. Identification and reduction of sources dietary Lead in the United States. Food Additives and Contaminants, **13, 53-60**.

FAO /WHO, 1998a. Discussion paper on Cadmium. Agenda Item 15(d). CX/FAC 99/21, December 1998. Hague, Netherlands, 9-13 March, **98-100.**

FAO/WHO, 1998b. Draft maximum levels for Lead. Agenda Item 15(d). CX/FAC 99/19, December 1998. Hague, Netherlands, 9-13 March, **94-97.**

Galal-Gorchev, H. 1993. Dietary intake, levels in food and estimated intake of Lead, Cadmium and Mercury. Food Additives and Contaminants, **10, 115-128**.

Goyer, R.A. 2006. Toxic effects of metals. In Casarett and Baull's toxicology: The basic science of poisons (C. D. Klaassen; M.O. Amdur; and J. Doull, eds). Macmillan Publishing Company. New Yourk, **USA, pp. 582-635**.

Meneh, M., Baize, D. and MocQuot, B. 1997. Cadmium availability to wheat in five soil series from the Yonne district, Burgundy, France. Environmental Pollution, **95, 93-103.**

Murray, R.K., Granner, D.K., Mayes, P.A. and Rodwell, V.W. 2000. Harper's Biochemistry, 25th. Ed. Appleton and Lange, **660 P**.

Saleh, Z.A., Brunn, H., Paetzold, R. and Husei, L. 1998. Nutrients and Chemical residues in an Egyptian total mixed diet. Food Chemistry, **65, 535-541**.

Sawyer, C.N., McCorty, P.L. and Parkin, G.F. 2004. Chemistry for Environmental Engineering, Chapter, **33, 627-643**.

Sumainah, Gh.M. and Haj Ali, A. 1997. Honey as Bioindicator of Environmental Contamination. 3rd. Alex. Conf. Food. Sci. Tech., **pp. 1-15**.

Thornton, I. 2001. Chemical aspect of the distribution and form of heavy metals in soil. In: Pollution effect of heavy metals on plants, (Leep, N.Y. ed). Applied Science Publisher. London, **2, 1-35**.

Ysart, G., Miller, P., Croasdale, M., Crews, H., Robb, P. M., Baxter, M., deL'Arge, C. and Harrison, N. 2000. UK Total Diet Study-Dietary Exposures to Aluminum, Arsenic, Cadmium, Chromium, Copper, Lead, Mercury, Nickel, Selenium, Tin and Zinc. Food Additives and Contaminants, **17(9), 775-786**.

Zayed, A., Lytle, M.C., Qian, J-H. and Terryn, M. 1998. Chromium Accumulation, Translocation and Chemical Speciatio on in Vegetable crops. Planta, **206(20), 293-299.**