تأثير معاملات التسميد المختلفة في تراكيز بعض المعادن الثقيلة في التربة ونبات السلق

محمد سعيد الشاطر[1] وأكرم البلخي[2]

الملخص

نُفِّذَتْ تجربة حقلية في تربة لومية كلسية بمزرعة كلية الزراعة (أبي جرش) في مدينة دمشق لمعرفة تأثير كومبوست قمامة المدينة، وفرشة الفطر الزراعي، وذرق الدواجن والتسميد المعدني في إتاحة المعادن الثقيلة في التربة، ومراقبة تراكم المعادن الثقيلة في التربة والسلق ووصولها إلى درجة السمية.

أوضحت النتائج أنّ تراكيز الكادميوم والرصاص والكروم والنحاس والزنك الذائبة في مستخلص DTPA للتربة لم تتجاوز المجال الطبيعي لتراكيز العناصر الثقيلة فيها. كما أظهرت معاملة كومبوست القمامة فروقاً معنوية في محتوى نبات السلق من الحديد، والزنك، والمنغنيز والنحاس مقارنة بمعاملة الشاهد والتسميد المعدني والتسميد المختلط (50% تسميد عضوي + 50% تسميد معدني). كما أنّ تراكيز الرصاص والكادميوم والكروم في السلق لم تتجاوز التراكيز الطبيعية لتراكيز العناصر الثقيلة في النبات، مع وجود ارتفاع معنوي في قيم تلك العناصر في معاملات الأسمدة العضوية وكومبوست قمامة المدينة مقارنة بمعاملة الشاهد والتسميد المعدني.

الكلمات المفتاحية: تربة كلسية، كومبوست قمامة المدينة، فرشة الفطر الزراعي، السلق، التسميد.

(1) أستاذ، قسم علوم التربة، كلية الزراعة، ص.ب،30621 جامعة دمشق، سورية.

(2) مدرس، قسم علوم التربة، كلية الزراعة.

Effect of different fertilizer treatments on some heavy metals concentrations in soil and chard

Al-Shater. M. S[(1)] and A. Al-Balkhi[(2)]

Abstract

A field experiment was carried out in calcic loamy soil in the Faculty of Agriculture Farm (abu Jerash) in the city of Damascus to study the effect of city compost, mushrooms substrate residues, poultry manure and inorganic fertilization in the availability of heavy metals in the soil and control, the accumulation of heavy metals in soil and chard and degree of toxicity. The results showed that the concentration of cadmium, lead, chromium, copper, zinc in DTPA extract of soil did not exceed the allowed levels of the concentrations of heavy metals in the soil. City compost treatment showed significant differences in the content of chard iron, zinc, manganese, copper, compared to the control treatment, mineral fertilization and mixed fertilization (50% organic fertilization +50% mineral fertilization). The concentrations of lead, cadmium and chromium in chard did not exceed the natural concentrations of heavy metals in the plant tissues. There was a significant increase in the values of those elements in the treatments of the organic fertilizers and private city compost compared to the control treatment and inorganic fertilization.

Keywords: Calcareous soil, city compost, mushroom substrate, chard. Fertilization.

(1) Prof. (2)Teacher. Dept. of Soil Sciences. Faculaty of Agriculture. Damascus University, Syria.

مقدمة:

حظي تلوث التربة بالمعادن الثقيلة في السنوات الأخيرة بكثير من الاهتمام كون هذه المعادن ذات تأثير سام في التربة ووظائفها وأحيائها من جهة، وقابليتها للتراكم في الأنسجة الحية للنبات والحيوان من جهة أخرى (الشاطر،1998؛ Bes و Mench ،2008؛ Bes وزملاؤه، 2010).

توجد المعادن الثقيلة بصورة طبيعية في النظام البيئي للتربة مع اختلافات كبيرة في التراكيز (Andersen و Christensen، 1988؛ Adriano، 2001؛ Alexander وزملاؤه، 2006)؛ Gandhimathi و Meenambal، 2012)، ويعود ازدياد نسبها مؤخراً لتطور النشاطات الإنسانية غير الواعية إذْ إنَّه آلاف الأطنان من هذه المعادن تُطرح سنوياً في الأوساط المحيطة فتلوثها.

لم يعتمد تعريف محدد للمعادن الثقيلة heavy metals إذْ أنَّ بعضها يعتمد على كثافة المعدن (Dudffus، 2002)، أو عدده الذري، أو بعض خصائصه الكيميائية (Shermati و Varma، 2010)، أو مستوى سميته؛ في حين يعتمد بعضها الآخر على ترتيبه وتوضعه في الجدول الدوري للعناصر. ويشير التعريف الشائع للمعادن الثقيلة إلى تلك العناصر التي تزيد كثافتها على خمسة أضعاف كثافة الماء، في حين يشير التعريف الأكثر شمولية (Salmons و Förstener، 1995؛ Bruins وزملاؤه، 2000؛ Adriano،2001) إلى المعدن أو شبه المعدن التي تزيد كثافته على(5 غ/سم^2)، ووزنه الذري أكبر من الوزن الذري للصوديوم (23) وعدده الذري أكبر من (20).

يوجد عموماً مصدران رئيسيان لدخول المعادن الثقيلة للتربة، وهما: مصدر طبيعي Natural، وآخر بشري Anthropogenic ناتج عن النشاطات الإنسانية (Salmons و Förstner، 1995؛ Baize و Tercé، 2002؛ Gandhimathi و Meenambal، 2012؛ Hattab وزملاؤه، 2013). وتمثل الصخور الأم Parent rocks والفلزات المعدنية Methalic minerals المصادر الأساسية للمعادن في البيئة (Adriano، 2001؛ Jiménez– Moreno وزملاؤه، 2011)، كما قد تنتج المعادن الثقيلة أيضاً نتيجة الانبعاثات البركانية.

يسبب الاستخدام غير العقلاني للأسمدة الفوسفاتية المصنعة من الصخور الفوسفاتية تلوثاً للتربة بعنصر الكادميوم (الزعبي وزملاؤه، 2007؛ الشاطر والبلخي، 2014)، في حين يأتي غالباً تلوث التربة بالنحاس والزنك عند إضافة الأسمدة الحيوانية (Dhillon و Dhillon، 1996؛ Frossard وزملاؤه، 2000) ورش المبيدات النحاسية، ويعود التلوث

بالكروم والرصاص لإضافة الفضلات الصناعية والنفطية أو الري بمياه الصرف الصناعي (Varop وزملاؤه، 1980؛ الجيلاني عبد الجواد، 1998؛ Moreno – Jiménez وزملاؤه،2011؛ Hattab[1] وزملاؤه2013).

يسهم الاستخدام العشوائي للفضلات المنزلية (القمامة) في زيادة تراكيز العناصر الثقيلة في التربة (Jones وزملاؤه، 1996؛ الشاطر، 1998؛ Ge وزملاؤه، 2000؛ Brown وزملاؤه، 2003)، وتكون العناصر الثقيلة متاحة للنباتات عندما تكون قادرة على الحركة في محلول التربة وعلى تماس مع المجموع الجذري للنباتات التي تمتصها، وتعدُّ الأشكال الذائبة للمعادن في محلول التربة أكثر الأشكال الكيميائية تيسراً للنبات، تليها الأشكال القابلة للتبادل، ثمّ الأشكال التي تدخل في تكوين المعقدات (Jones وزملاؤه، 1996؛ الشاطر والبلخي، 2014؛ الشاطر، 2015).

أظهرت دراسات عدّة (Lindsay و Norvell، 1978؛ الشاطر، 1998؛ Jones،2001؛ Baize وTercé، 2002؛ Gandhimathi و Meenambal، 2012؛ الشاطر، 2014) أن المعقدات العضوية كالمركبات المخلبية، مثل: Ethylene Diamine Tetra acitic acid (EDTA) و Diethhylene Triamine Penta Acetic Acitate (DTPA) يمكن أن تسهم بكفاءة في تقدير المعادن الميسرة للنبات.

يصل تراكيز المعادن الثقيلة في التربة إلى مستويات عالية (Salymons و Förstner، 1995) وتعدُّ سامة للنباتات وأحياء التربة نتيجة الاستخدام المكثف والمتزايد والعشوائي لمصادر تلوث التربة بتلك المعادن.

تظهر بعض النباتات تحملاً كبيراً للتراكيز العالية من العناصر الثقيلة، كما هو الحال في النباتات المجمعة للمعادن Hyper accumalators؛ ويتجلى التأثير السام للمعادن الثقيلة في النباتات بعدّة أشكال تختلف باختلاف المعدن الثقيل (Dhillon و Dhillon، 1996؛ الشاطر والبلخي، 2014؛ الشاطر وبلدية، 2014)، ولكنها تجتمع في تأثيرها بنوعية الإنتاج وكميته.

تقسم المعادن الثقيلة إلى مجموعتين من العناصر، تضم الأولى عدداً من العناصر الصغرى الضرورية لتغذية النبات بتراكيز منخفضة (Adriano، 2001؛ الشاطر والبلخي، 2014) كالحديد والمنغنيز والنحاس والزنك والنيكل أمَّا المجموعة الثانية فتضم عدداً من العناصر التي لا يحتاجها النبات في تغذيته، ولكنها سامة عند ارتفاع تراكيزها عن قيم معينة، وتضم الرصاص والكادميوم والكروم والزئبق والزرنيخ في حين يعدُّ(Sherameti

و Varma، 2010؛ الشاطر والبلخي، 2014) أن المعادن الثقيلة الأكثر شيوعاً التي تؤدي إلى التلوث هي الكادميوم والكروم والنحاس والرصاص والزئبق والزنك. وتتوقف سمية العناصر الثقيلة توقفاً كبيراً على pH الوسط وكمون الأكسدة والإرجاع في التربة، إذْ تؤثر تلك العوامل في عملية أكسدة المعادن وذوبانها ومن ثَمَّ في ذوبانها وجاهزيتها الحيوية (البلخي وزملاؤه، 2004؛ البلخي وزملاؤه، 2007؛ Moreno – Jimenez، 2011؛ الشاطر، 2015).

تعدُّ النباتات القرنية من النباتات التي تتراكم فيها المعادن الثقيلة تراكماً منخفضاً. أمَّا الخضار الجذرية فتتراكم فيها تراكماً متوسطاً، وفي الخضار الورقية تراكماً مرتفعاً (Alexander وزملاؤه، 2006).

أهداف البحث:

1– توصيف الأسمدة العضوية المستخدمة وتحديد محتواها من المعادن الثقيلة.

2– دراسة تأثير معاملات التسميد في ذوبان (إتاحة) المعادن الثقيلة في التربة.

3– مراقبة تراكم المعادن الثقيلة في التربة ووصولها إلى درجة السمية.

4– دراسة تأثير معاملات التسميد في امتصاص نبات السلق للمعادن الثقيلة.

مواد البحث وطرائقه:

نُفِّذَ البحث في حقل قسم علوم التربة بمزرعة أبي جرش – كلية الزراعة – جامعة دمشق، وتوضّح الجداول (1،2) أهم خصائص التربة واحتواءاها على المعادن الثقيلة.

الجدول (1): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة قبل الزراعة

pH معلق 2.5:1	Ec 5:1 ديسيسيمنز/م	التحليل الميكانيكي %			النسيج	الكربونات الكلية %	الكلس الفعال%	المادة العضوية%	الآزوت الكلي%
		الطين	السلت	الرمل					
8.10	0.28	33.62	32.50	33.88	لومي	50.12	17.80	2.30	0.12

الجدول (2) احتواء التربة على العناصر الثقيلة قبل الزراعة

Mn	Fe	Cr	pb	Zn	Cd	Cu	Mn	Fe	Cr	pb	Zn	Cd	Cu
متاح (ذائب) جزء بالمليون							كلي (جزء بالمليون)						
3.80	2.10	2.01	1.60	0.40	0.03	0.60	30.00	2800	11.78	10.88	5.80	0.78	13.00

يبيّن الجدولان (1،2) نتائج تحاليل التربة، وتعدُّ التربة لومية النسيج، بلغت الكربونات الكلية 50.12% والكلس الفعّال 17.80 والـ pH 8.10، وهي ذات احتواء منخفض إلى منخفض جداً بالنسبة إلى العناصر الصغرى المتاحة للنبات (النحاس، والزنك، والمنغنيز والحديد)، (Jones،2001) ولم تتجاوز الحدود المسموح بها للمعادن الثقيلة في التربة (الكادميوم، والرصاص، والنحاس، والكروم،... إلخ) (Lindsay و Norvel،1978؛ Adriano، 1986؛ Papaflipapaki وزملاؤه، 2007).

قُسِّمَتِ القطع التجريبية (بعد حراثة التربة وتسويتها وتنعيمها) بمساحة متر مربع واحد للقطعة الواحدة، كما ترك نصف متر فاصلاً بين القطع التجريبية وبثلاثة مكررات، وزعت المعاملات باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، زُرِعَتْ بذور السلق Chard في جور بأبعاد 25 سم بين الجورة و الأخرى داخل القطعة التجريبية على خطوط بواقع ثلاثة خطوط، بين الخط والآخر 40 سم، وترك 15سم للجوانب. أُجْرِيَتْ عملية الخف بواقع نبات في كل جورة.

أضيف الحديد بمعدل 15كغ Fe/هكتار بصورة (سلفات الحديدي، وكانت نسبة الحديد 20%) للمعاملات المختلفة جميها، وكانت المعاملات كما يأتي:

1- شاهد (تربة فقط) **2**- تسميد معدني **3**- كومبوست (قمامة مدينة دمشق) **4**- تسميد معدني 50% + كومبوست50% **5**- ذرق دواجن **6**- تسميد معدني 50% + ذرق دواجن 50% **7**- فرشة الفطر **8**- تسميد معدني 50% + فرشة الفطر 50%.

أضيفت الأسمدة الفسفورية والبوتاسية والعضوية خلطاً بالتربة قبل الزراعة مباشرةً بدفعة واحدة، وأضيف السماد الآزوتي على دفعتين الأولى قبل الزراعة والثانية بعد أسبوعين من الإنبات وأضيفت الأسمدة العضوية حسب ماتحتويه من الآزوت ومتطلبات المحصول من هذا العنصر. إذْ أضيف سماد القمامة بما يعادل 10.40 طناً للهكتار وفرشة الفطر 7.70 طناً للهكتار وذرق الدواجن 7.20 طناً للهكتار. يبيّن الجدول (3) نتائج بعض الخصائص الكيميائية للأسمدة العضوية.

جدول (3) بعض الخصائص الكيميائية للأسمدة العضوية المضافة

الأسمدة العضوية	pH معلق 10:1	Ec مستخلص 10:1 ديسيمينز/م	الكربون العضوي %	C\N	كلي (جزء بالمليون)						
					Cu	Cd	Pb	Cr	Zn	Mn	Fe
كومبوست قمامة المدينة	8.10	2.50	31.11	18.30	113.5	0.82	11.98	117	363.00	1380	2935
ذرق الدواجن	8.80	2.10	31.97	11.84	25.5	0.60	12.00	6.00	192.00	570	779
مخلفات فرشة الفطر	7.20	5.20	42.87	17.15	37.70	0.50	8.50	45.80	193.00	858	1660
الحدود القصوى المسموح بها لمحتوى العناصر الثقيلة في المواصفة القياسية السورية / 2014لكومبوست قمامة المدن 2003			منتج الدرجة الأولى		150	3	120	100	350	لايوجد تحديد	لايوجد تحديد
			منتج الدرجة الثانية		250	5	150	150	500	لايوجد تحديد	لايوجد تحديد

يُلاحظ من الجدول (3) ارتفاع محتوى كومبوست قمامة مدينة دمشق من العناصر الثقيلة الكلية إذْ بلغ النحاس 113.5 والكادميوم 0.82، والرصاص 11.98 والكروم 117 جزءاً بالمليون مقارنة بقيم العناصر لكل من مخلفات ذرق الدواجن ومخلفات فرشة الفطر؛ علماً بأن تراكيز تلك العناصر لم تتجاوز الحدود القصوى المسموح بها لمحتوى العناصر الثقيلة في المواصفة القياسية السورية للمنتج من الدرجة الأولى والثانية. مع ملاحظة أنّ تركيز الكروم في كمبوست قمامة مدينة دمشق تجاوز قيم المنتج من الدرجة الأولى، ولم يصل إلى قيم المنتج من الدرجة الثانية في المواصفة القياسية السورية. ومن المفيد الإشارة إلى أنّ كمية كومبوست قمامة مدينة دمشق المضافة تزيد بما يعادل 44% على كمية ذرق الدواجن، و35% على مخلفات فرشة الفطر؛ ممّا ينعكس إيجاباً على زيادة كمية المادة العضوية المضافة، ومن ثَمَّ زيادة تأثيرها الفعّال من خلال عمليات التحلل الأولي والثانوي والتعضي والتدبل وتكوين الأحماض الفولفية والهيومية والمساهمة في تكوين الدبال، وتعديل pH التربة، وتحرير نسبي للعناصر المعدنية من المركبات غير

الذوابة (الشاطر، 1998؛ Ge وزملاؤه، 2000؛ الشاطر وزملاؤه، 2011)، كما يتصف كومبوست القمامة أيضاً بنسبة C\N مرتفعة (18.30) مقارنةً بكل من مخلفات فرشة الفطر، وذرق الدواجن (17.15 و 11.84) على التوالي؛ ممَّا يؤثر في عمليات التحلل لتلك المخلفات العضوية (Soliman وزملاؤه، 1991؛ البلخي وزملاؤه، 2004؛ الشاطر، 1998؛ الشاطر، 2015).

أضيف الآزوت في معاملة التسميد المعدني على صورة يوريا بما يعادل 360 كغ/هكتار (46% N) والفسفور على صورة سوبر فوسفات مركزة 200 كغ/ هكتار (46% P_2O_5)، والبوتاسيوم بصورة كبريتات البوتاسيوم 200 كغ/هكتار (50% K_2O). رويت القطع التجريبية أسبوعياً بمقننات متساوية عند الحاجة للمعاملات جميها. أخذت عينات من التربة والأسمدة العضوية قبل الزراعة لتوصيفها، ثمّ حصدت النباتات بعد 60 يوماً من الزراعة على ارتفاع 5 سم من سطح التربة، وجُفِّفَتْ في درجة حرارة 65 م^0 حتى ثبات الوزن، ثمّ أُخِذَتْ عينات من التربة والنبات بعد الحصاد بغرض التحليل وتحديد محتوى التربة والنبات من العناصر المعدنية المدروسة.

استخدمت طرائق التحليل والاختبارات المذكورة في (Jones، 2001؛ الشاطر وزملاؤه، 2009) من أجل القيام بالتحاليل المختلفة على عينات التربة والأسمدة العضوية والنبات.

النتائج والمناقشة:

أ- محتوى التربة من العناصر الثقيلة (العناصر الصغرى) الضرورية لتغذية النبات بعد الحصاد والذائبة بمحلول DTPA (ppm):

يبيّن الجدول (4) محتوى التربة بعد الحصاد من النحاس، والمنغنيز، والزنك والحديد الذائب، وتلاحظ فروق معنوية في تراكيز تلك العناصر التي كانت في المجال المنخفض إلى المتوسط حسب Jones (2001) ومن الواضح أن هناك فروقاً معنويةً في المعاملات التي أضيفت إليها الأسمدة العضوية مقارنة بمعاملتي التسميد المعدني والشاهد، وكانت معاملة كومبوست قمامة مدينة دمشق أفضلها ،حيث بلغت تراكيز النحاس (2.92)، والزنك (3.61)، والمنغنيز (12.09) والحديد (11.52)، ويعود ذلك إلى كمية الكومبوست الكبيرة نسبياً المضافة مقارنة ببقية الأسمدة العضوية، وإلى ارتفاع محتواها أصلاً من تلك العناصر، ودورها الفعال في تحرير العناصر نتيجة عمليات التحلل الأولي والثانوي

للمواد العضوية، وتشكيل الأحماض العضوية كالأحماض الفولفية والهيومية والإسهام في الحد من ارتفاع pH التربة، وتحرير تلك العناصر من مركباتها غير الذوابة (الشاطر، 1998؛ البلخي وزملاؤه، 2007؛ الشاطر، 2015)؛ ممَّا انعكس على كميات النحاس، والحديد، والمنغنيز والزنك في المعاملات التي أضيف إليها كومبوست قمامة المدينة مقارنة بالتسميد المعدني، ومعاملة الشاهد، وأيضاً بقية الأسمدة العضوية (ذرق الدواجن ومخلفات فرشة الفطر).

تتفق هذه النتائج مع نتائج كل من (Chen و Aviad، 1990؛ Brown وزملائه 2003؛ البلخي وزملائه، 2007)؛ جزدان وزملائه، 2009؛ و Hattab[2] وزملائه، 2013).

جدول (4) تأثير المعاملات في كمية العناصر الصغرى الذائبة بمحلول DTPA بالتربة بعد الحصاد والمفيدة للنبات.

Fe	Mn	Zn	Cu	المعاملات / العنصر ppm
1.58^{h}	0.33^{h}	0.26^{g}	0.589^{g}	1- شاهد
2.76^{g}	4.74^{g}	0.29^{g}	0.84^{f}	2- تسميد معدني
11.52^{a}	12.09^{a}	3.61^{a}	2.92^{a}	3- كومبوست القمامة
10.32^{b}	10.60^{b}	2.52^{b}	2.16^{b}	4- تسميد معدني 50%+ كومبوست القمامة 50%
7.17^{e}	7.70^{e}	1.40^{c}	1.31^{d}	5- ذرق الدواجن
6.43^{f}	7.03^{f}	1.35^{d}	1.31^{d}	6- تسميد معدني 50% + ذرق الدواجن 50%
8.70^{c}	9.70^{c}	1.28^{e}	1.45^{c}	7- فرشة الفطر
7.48^{d}	8.50^{d}	1.17^{f}	1.15^{e}	8- تسميد معدني 50% + فرشة الفطر 50%
0.04	0.05	0.04	0.05	LSD 0.05

ب- **محتوى التربة من العناصر الثقيلة غير الضرورية لتغذية النبات بعد الحصاد الذائبة بمحلول** DTPA (ppm):

يبيّن الجدول (5) محتوى التربة من Cd، pb و Cr الذائبين، ويُلاحظ أنّ تراكيزها لم تتجاوز المجال المحدد لتراكيز العناصر الثقيلة في التربة الذي اقترحه Adriaon (1986)، وكانت في حدود قيم المجال الأدنى لتراكيز تلك العناصر، كما أنّ هناك ارتفاعاً قليلاً جداً في قيم تلك العناصر بالمعاملات التي تلقت الأسمدة العضوية المختلفة، ولاسيَّما كومبوست قمامة مدينة دمشق مقارنة بمعاملة الشاهد والأسمدة المعدنية، وكانت النتائج

متوافقة مع ماذكره كل من (Salmons و Förstner، 1995؛ الشاطر، 1998؛ Bruins وزملائه، 2000؛ Duffus، 2002؛ جزدان وزملائه، 2009؛ Shermati و Verma، 2010؛ Hattab[1] وزملائه، 2013).

جدول (5) تأثير المعاملات في كمية العناصر الثقيلة الذائبة بمحلول DTPA بالتربة بعد الحصاد وغير المفيدة للنبات

Cr	pb	Cd	العنصر ppm / المعاملات
0.81^{h}	1.30^{h}	0.04^{bc}	1- شاهد
0.91^{g}	2.50^{c}	0.05^{b}	2- تسميد معدني
1.80^{a}	4.90^{a}	0.19^{a}	3- كومبوست القمامة
1.50^{b}	2.70^{b}	0.05^{b}	4- تسميد معدني 50%+ كومبوست القمامة 50%
1.40d	2.00^{d}	0.04^{bc}	5- ذرق الدواجن
1.20^{f}	1.60f	0.02c	6- تسميد معدني 50% + ذرق الدواجن 50%
1.46^{c}	1.70^{e}	0.05^{b}	7- فرشة الفطر
1.26^{e}	1.50^{g}	0.02^{c}	8- تسميد معدني 50% + فرشة الفطر 50%
0.05	0.05	0.03	LSD 0.05

جـ- محتوى التربة الكلي من العناصر الثقيلة (العناصر الصغرى) الضرورية لتغذية النبات بعد الحصاد (ppm):

يبيّن الجدول (6) محتوى التربة الكلي من الزنك، والمنغنيز، والنحاس والحديد بعد الحصاد، ويلاحظ وجود فروق معنوية في معاملات الأسمدة العضوية ومعاملات التسميد المختلط (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي)، في زيادة تلك العناصر مقارنة بمعاملة الشاهد والتسميد المعدني، وكانت قيم كومبوست قمامة مدينة دمشق أعلاها إذْ بلغ تركيز الزنك (13.46)، المنغنيز (82.68)، والنحاس (33.00) والحديد (31.76)؛ ممَّا يعكس الكمية الكبيرة نسبياً من هذه العناصر المضافة عن طريق كومبوست قمامة مدينة

دمشق مقارنة بذرق الدواجن، وفرشة الفطر، ودور كومبوست القمامة في إغناء التربة بتلك العناصر، ومن الضروري الإشارة إلى أن الحديد أضيف بمعدل 15 كغ Fe/هكتار بصورة (سلفات الحديدي، وكانت نسبة الحديد 20%) للمعاملات جميعها بما فيها الشاهد ومعاملة التسميد المعدني.

جدول (6) تأثير المعاملات في كمية الزنك، والمنغنيز، والنحاس والحديد الكلية في التربة بعد الحصاد

Fe	Cu	Mn	Zn	المعاملات / العنصر ppm
2914^{g}	12.06^{h}	29.90^{h}	5.86^{f}	1– شاهد
2770^{h}	14.14^{c}	33.12^{g}	6.26^{e}	2– تسميد معدني
3176^{a}	23.00^{a}	82.68^{a}	13.46^{a}	3– كومبوست القمامة
3081^{b}	20.20^{b}	65.50^{b}	10.90^{b}	4– تسميد معدني 50%+ كومبوست القمامة 50%
2940^{e}	18.50^{c}	58.44^{c}	8.70^{c}	5– ذرق الدواجن
2920^{f}	16.80^{d}	52.20^{d}	7.50^{d}	6– تسميد معدني 50% + ذرق الدواجن 50%
2996^{c}	14.40^{e}	46.10^{e}	6.40^{e}	7– فرشة الفطر
2963^{d}	13.80^{f}	41.40^{f}	5.90^{f}	8– تسميد معدني 50% + فرشة الفطر 50%
14.83	0.27	0.25	0.15	LSD (0.05)

د–محتوى التربة الكلي من العناصر الثقيلة غير الضرورية لتغذية النبات بعد الحصاد (ppm):

يبيّن الجدول (7) المحتوى الكلي من الكادميوم، والكروم والرصاص بعد الحصاد (ppm) ويلاحظ وجود فروق معنوية في معاملات الأسمدة العضوية ومعاملات التسميد المختلط (50% تسميد معدني +50% تسميد عضوي) في زيادة تلك العناصر بالمقارنة مع معاملة الشاهد والتسميد المعدني، وكانت القيم الناتجة عن التسميد المختلط (تسميد معدني وعضوي) أقل من القيم الناتجة عن التسميد العضوي منفرداً؛ ممَّا يعكس أهمية التسميد

المختلط في الحد من تراكم العناصر الثقيلة في التربة. ومن الضروري الإشارة إلى أنّ القيم الناتجة للعناصر الثقيلة لم تصل إلى التراكيز القصوى المسموح بها للمعادن الثقيلة في الترب الزراعية من قبل الاتحاد الأوربي التي بلغت بين (1–3ppm) للكادميوم، (50–150ppm) للكروم، و(50–300ppm) للرصاص. وتتفق هذه النتائج مع (Salmons و Förstner، 1995؛ الشاطر، 1998؛ papafilpapaki، 2007؛ Gandhimathi وزملائه، 2012؛ الشاطر، 2015).

جدول (7) محتوى التربة الكلي من العناصر الثقيلة غير الضرورية لتغذية النبات

pb	Cr	Cd	العنصر ppm / المعاملات
8.50^{h}	9.60^{h}	0.58^{e}	1– شاهد
14.50^{c}	10.00^{g}	0.78^{c}	2– تسميد معدني
19.80^{a}	20.18^{a}	0.95^{a}	3– كومبوست القمامة
17.30^{b}	18.16^{b}	0.85^{b}	4– تسميد معدني 50%+ كومبوست القمامة 50%
11.80^{d}	13.00^{c}	0.78^{c}	5– ذرق الدواجن
9.80^{f}	12.03^{d}	0.60^{d}	6– تسميد معدني 50% + ذرق الدواجن 50%
10.50^{e}	11.80^{e}	0.85^{b}	7– فرشة الفطر
9.04^{g}	10.40^{f}	0.75^{c}	8– تسميد معدني 50% + فرشة الفطر 50%
0.04	0.13	0.04	LSD (0.05)

هـ– محتوى السلق من العناصر الثقيلة (العناصر الصغرى) الضرورية لتغذية النبات بعد الحصاد (ppm):

يوضّح الجدول (8) تأثير المعاملات المختلفة في تراكيز العناصر النحاس، والمنغنيز، والحديد والزنك في السلق بعد الحصاد، ويلاحظ وجود فروق معنوية في معاملات الأسمدة العضوية ومعاملات التسميد المختلط (50% تسميد معدني+50% تسميد عضوي) في زيادة تلك العناصر مقارنة بمعاملة الشاهد والتسميد المعدني، كما أظهرت معاملة

كومبوست قمامة دمشق فروقاً معنوية في محتوى نبات السلق من الحديد مقارنة بالمعاملات الأخرى، إذْ بلغ (480) ppm بينما في المعاملات الأخرى:

كومبوست 50% + تسميد معدني 50 %، فرشة الفطر، ذرق الدواجن، فرشة الفطر 50% + تسميد معدني 50 %، ذرق الدواجن 50% + تسميد معدني 50% وتسميد معدني: (430)، (374)، (332)، (320)، و (317) ppm على التوالي. ويعود ارتفاع محتوى السلق من الحديد والعناصر الصغرى الأخرى في معاملة الكومبوست إلى زيادة محتوى التربة من هذه العناصر في هذه المعاملة؛ ممّا انعكس إيجاباً في زيادة امتصاص النباتات لتلك العناصر، كما يمكن أن تعود زيادة محتوى النبات من المنغنيز والحديد والعناصر الصغرى الأخرى في معاملات الأسمدة العضوية إلى قدرتها على تشكيل مركبات شيلاتية مع تلك العناصر تحميها من عمليات الترسيب في التربة، وتبقى بصورة ميسرة available للنبات، وخاصة في الترب الكلسية ذات الـ pH المرتفع نسبياً (Jones وزملاؤه، 1996؛ الشاطر، 1998؛ البلخي وزملاؤه، 2007؛ الشاطر، 2015). ومن الملاحظ أنّ تراكيز الحديد والمنغنيز، النحاس والزنك في السلق كانت تراوح بين القيم الغنية والكافية. تتفق هذه النتائج مع (Lindsay و Norvell، 1978؛ Dhillon و Dhillon، 1996؛ Jones، 2001)، ولم تصل إلى حدود السمية؛ ممّا يوضح الدور الإيجابي للتسميد العضوي والتسميد المختلط في التغذية المناسبة للسلق بهذه العناصر.

جدول (8) تأثير المعاملات في تراكيز العناصر الثقيلة (الصغرى) الضرورية لتغذية النبات في السلق بعد الحصاد

Zn	Fe	Mn	Cu	المعاملات / العنصر ppm
12.90^{g}	202^{f}	44.26^{b}	5.99^{h}	1– شاهد
14.16^{f}	317^{e}	50.14^{g}	6.63^{g}	2– تسميد معدني
17.06^{a}	480^{a}	65.26^{a}	8.78^{a}	3– كومبوست القمامة
16.52^{b}	430^{b}	63.93^{b}	7.82^{c}	4– تسميد معدني 50%+ كومبوست القمامة 50%
15.53^{d}	341^{d}	54.54^{f}	8.03^{b}	5– ذرق الدواجن
14.82^{e}	320^{e}	54.90^{d}	7.24^{f}	6– تسميد معدني 50% + ذرق الدواجن 50%
16.21^{c}	374^{c}	58.86^{c}	8.11^{d}	7– فرشة الفطر
15.50^{d}	332^{de}	55.63^{e}	7.30^{e}	8– تسميد معدني 50% + فرشة الفطر 50%
0.16	17.54	0.05	0.05	LSD (0.05)

هـ- محتوى السلق من العناصر الثقيلة غير الضرورية لتغذية النبات بعد الحصاد:

يبيّن الجدول (9) محتوى السلق من الرصاص، الكادميوم والكروم ويلاحظ أنّ تراكيزها لم تتجاوز التراكيز المناسبة لتراكيز العناصر الثقيلة في النبات الذي اقترحه (Dhillon و Dhillon، 1996)؛ Alexander وزملاؤه، 2006)؛ جزدان وزملاؤه، 2009)؛ Bes وزملاؤه، 2010) والذي بلغ (< 1-5 ppm) للكروم، والرصاص (> 1-3 ppm)، الكادميوم (5-10 ppm)، النحاس (5-20 ppm)، والزنك (20-100 ppm) والمنغنيز (15-200 ppm) وأخيراً النيكل (> 1-10ppm). وكانت قيم pb ، Cd و Cr المدوّنة في الجدول(9) ضمن حدود قيم المجال الأدنى لتراكيز تلك العناصر، كما أنّ هناك ارتفاعاً معنوياً في قيم تلك العناصر بالمعاملات التي تلقت الأسمدة العضوية المختلفة، ولاسيَّما كومبوست قمامة مدينة دمشق مقارنة بمعاملة الشاهد والتسميد المعدني، وكانت النتائج متوافقة مع ما ذكره كل من (salmons و Förstner، 1995؛ الشاطر، 1998؛ Bruins وزملائه، 2000؛ Duffus، 2002)؛ Sherameti و Varma، 2010).

جدول (9) تأثير المعاملات في تراكيز العناصر الثقيلة غير الضرورية لتغذية النبات في السلق بعد الحصاد

Cr	Cd	Pb	العنصر ppm / المعاملات
0.26^{e}	0.07^{cd}	1.08^{f}	1- شاهد
0.54^{b}	0.09^{c}	1.10^{f}	2- تسميد معدني
0.62^{a}	0.19^{a}	1.50^{c}	3- كومبوست القمامة
0.55^{a}	0.16^{b}	1.70^{b}	4- تسميد معدني 50%+ كومبوست القمامة 50%
0.52^{b}	0.14^{b}	2.20^{a}	5- ذرق الدواجن
0.43^{c}	0.10^{c}	1.50^{c}	6- تسميد معدني 50% + ذرق الدواجن 50%
0.43^{c}	0.10^{c}	1.40^{d}	7- فرشة الفطر
0.34^{d}	0.08^{cd}	1.20^{e}	8- تسميد معدني 50% + فرشة الفطر 50%
0.04	0.04	0.03	LSD (0.05)

الخلاصة:

يمكن مما تقدم، الاستنتاج أنّ هناك قدرة للأسمدة العضوية والمختلطة في إتاحة العناصر الصغرى (الحديد، المنغنيز، الزنك والنحاس) للنبات والحد من تثبيتها في التربة، كما كانت قيم العناصر الثقيلة الرصاص، والكادميوم والكروم في التربة والسلق ضمن الحدود المسموح بها، كما يجب الانتباه إلى عدم تجاوز الحدود المسموح بها في المواسم القادمة مع زيادة معدل الإضافة من تلك الأسمدة العضوية ولاسيَّما كومبوست قمامة مدينة دمشق. يقترح عند استعمال تلك الأسمدة العضوية، ولاسيِّما كومبوست قمامة مدينة دمشق الانتباه قبل استعماله في أي موقع زراعي إلى تحديد تراكيز المعادن الثقيلة (pb، Cd و Cr....إلخ) فيها، وكذلك في التربة.

المراجع

- أبو نقطة، فلاح ومحمد سعيد الشاطر. 2011. خصوبة التربة والتسميد- الجزء النظري- جامعة دمشق.
- البلخي، أكرم ومحمد سعيد الشاطر وفاروق فارس. 2004. مقارنة تأثير السماد العضوي لمتخلف عن إنتاج البيوغاز والسماد البلدي والكومبوست في تخصيب نوعين من الترب السورية. المؤتمر الأوروبي للبيئة في تونس من29 وحتى31 آذار.
- البلخي، أكرم وفلاح أبو نقطة ومحمد سعيد الشاطر. 2007. تأثير المعقدات المعدنية في تيسر الحديد ودورها في تخصيب التربة وإنتاجية الخيار. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد 23 (1): 321-332.
- الزعبي، محمد منهل ومصطفى البلخي ومحمد سعيد الشاطر. 2007. دراسة تأثير بعض الأحماض المختلفة والكائنات الحية الدقيقة المحللة للفوسفات في إذابة الصخر الفوسفاتي. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد 23(1): 305-320.
- الجيلاني، عبد الجواد. 1998. المياه العادمة في الوطن العربي مصادرها واستعمالاتها. ندوة حول تقنيات معالجة وإعادة استخدام المياه العادمة في الفترة بين 25-26 تشرين الثاني، أكساد. دمشق. سورية.
- الشاطر، محمد سعيد. 1998. أثر إضافة المخلفات المدنية على تطور المعادن الثقيلة في التربة. مجلة الخليج العربي للأبحاث العلمية. 16(3): 421-642.
- الشاطر، محمد سعيد وأكرم البلخي وميساء الكبرا. 2009. خصوبة التربة والتسميد (الجزء العملي). جامعة دمشق.
- الشاطر، محمد سعيد وأكرم البلخي. 2014. خصوبة التربة وتغذية النبات (الجزء النظري). جامعة دمشق.
- الشاطر، محمد سعيد الشاطر ورياض بلدية. 2014. أنظمة الري والتسميد. جامعة دمشق.

– الشاطر، محمد سعيد. 2015. تأثير بعض المواد العضوية في تيسر الحديد في تربة مزرعة كلية الزراعة بأبي جرش. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية (قيد النشر).
– المواصفة القياسية السورية لكومبوست قمامة المدن. 2014/2003.
– جزدان، عمر، وعبد الجواد الجيلاني، وأوديس أرسلان، ومحمد منهل الزعبي، ونادیا بیجون، ومحمد طباع. 2009. تأثير إضافة الحمأة في إنتاجية القطن والقمح والذرة الصفراء وفي تراكم بعض العناصر الثقيلة في التربة والمحاصيل المدروسة. المجلة العربية للبيئات الجافة، 2(2): 86–100.

- Adriano. D. C. 1986. Trace elements in the Terrestrial Environment. Seiten, Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. P 533. New York.
- Adriano. D. C. 2001. Trace elements in Terrestrial Environment. Biochemistry Bioavailability and Risk of Metals. Springer-Verlag. New York.
- Alexander P D., B. J. Alloway and A. M. Dourado 2006. Genotypic variations in the accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn exhibited by six commonly grown vegetables. Environ Pollut. 144:736-745.
- Andersen. P. R. and T. H. Christensen. 1988. Distribution coefficients of Cd, Co, Ni, and Zn in soils. Journal of Soil Science . 39: 15-22.
- Baize. D. and M. Terce. 2002. Les éléments traces métalliques dans les sols. Approches Fonctionnelles et Spatiales. Editions INRA. 565 p.
- Bes, C. and M. Mench. 2008. Remediation of copper-contaminated topsoils from a wood treatment facility using in situ stabilization. Environmental Pollution. 156. 1128-1138.
- Bes, C. M., M. Mench, M. Aulen, H. Gaste and J. Taberly. 2010. Spatial variation of plant communities and shoot Cu concentrations of plant species at a timber treatment site. Plant and Soil. 330:267-280.
- Brown. S., R. L. Chaney, J. G. Hallfrisch and Q. XUE. 2003.. Effect of Biosolids Processing on Lead Bioavailability in an Urban Soil. Journal of Environ. Qual. 32: 100-108.
- Bruins, M.R., Kapil, S.and Oehme, F.W. 2000. Microbial resistance to metals in the environment. Ecotoxicol and Environ Safety 45, 198-207.
- Chen, Y. and T. Aviad. 1990. Effects of humic substances on plant growth,. In: Humic substances in soil and crop sciences: Selected readings. . Eds. P. MacCarthy., C. E. Clapp, R. L. Malcolm, and P. R. Bloom.. p. 161–186.

- Dhillon, K.S. and S.K. Dhillon. 1996. Studies on toxicity of selenium and other elements in soil-plant animal system using radiotracer techniques. In: Sachdev MS, Sachdev P, Deb DL (eds) Isotopes and radiations in agriculture and environment research. Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai, India. PP 112-127.
- Duffus. J. H. 2002. Heavy metal a meaning less term pure apple chem 74: 793-807.
- Frossard. E., M. Bucher., F. Mozafar and R. Hurrell. 2000. Potential for increasing thecontent and bio availability of Fe, Zn and Ca in plants for human nutrition. Journal of Science of Food and Agriculture 80:861-879.
- Gandhimathi. A and T. Meenambal. 2012. Analysis of heavy metal for soil in Coimbatore by using ANN model. European Journal of Scientific Research. 68(4) : 462-474.
- Ge. Y., P. Murray and W. H. Hendershot. 2000. Trace metals speciation and bioavailability in urban soils. Environ. Pollut. 107: 137-144.
- Hattab. N., R. Hambli, M. Motelica-Heino, X. Bourrat and M. Mench. 2013. Application of neural network model for the prediction of chromium concentration in phytoremediated contaminated soils. Journal of Geochemical Exploration 128: 25–34.
- Hattab. N., R. Hambli, M. Motelica-Heino, and M. Mench. 2013. Neural network and Monte Carlo simulation approach to investigate variability of copper concentration in phytoremediated contaminated soils. Journal of Environmental Management 129: 134-142.
- Jones. D. L., P. R.Darrah and L. V. Kochian. 1996. Critical evaluation of organic acid mediated iron dissolution in the rhizosphere and its potential role in root iron uptake. Plant Soil. 180:57-66.
- Jones. J .B. 2001, Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis, CRC Press, Boca Raton.London.
- Lindsay. W.L. and W. A. Norvell. 1978. Development of DTPA soil test for zink, iron, manganese and copper. Soil. Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.
- Moreno-Jiménez.E., L. Beesley. b , N. W. Lepp., N. M. Dickinson., W. Hartley. and R. Clemente.2011. Field sampling of soil pore water to evaluate trace element mobility and associated environmental risk. Journal of Environmental Pollution 159: 3078- 3085.
- Papaflipapaki. A., D. Gasparatos. C. Haidouti. and G. Stavrolakis. 2007. Total and bioaviailable forms of Cu, Zn, Pb and Cr in agricultural soils..Global Nest Journal. Vol 9: 201-206.
- Salmons. W. and U. Forstner. 1995. Heavy metals problem and solutions. ISBN3- 530-58508. Springer-Verlag Berlin Heidelerg. New york.

- Sherameti. I. and A. Varma. 2010. Soil heavy metals. Springer-Verlag Berlin Heidelerg.
- Soliman. M. M., I. I. El. Oksh, M. Samira and H. El. Gizy. 1991. Effect of organic Manure : P, Zn, and moor growth and yield of common bean. Annals Agric. Sci. Ain Shams. Univ. Cairo. 36(2): 589-598.
- Varo. P., O. Lähelmä., M. Nuurtamo and E. Saari. 1980. Mineral element composition of Finish Food. VII Potato, Vegetables, Fruits, berrie, Nuts and Mush Rooms. Acta Agric Scand 22:89-113 .

Received	**2015/10/13**	**إيداع البحث**
Accepted for Publ.	**2016/02/22**	**قبول البحث للنشر**