تأثير إضافة خام الزيوليت وحمأة الصرف الصحي في تراكيز المعادن الثقيلة في التربة والبطاطا

محمد سعيد الشاطر[*] حسان درغام[**] سليمان سليم[*]

أكرم البلخي[*] مازن أشرم[***]

الملخص

نُفذَ البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية بمحطة الهنادي في محافظة اللاذقية على تربة رملية لومية كلسية بهدف معرفة تأثير إضافة معدلين من الزيوليت الخام ومعدل واحد من حمأة الصرف الصحي، وخليطاً من الزيوليت بمعدلين مختلفين مع معدل واحد من حمأة الصرف الصحي في تراكيز العناصر المغذية والمعادن الثقيلة في التربة ومحصول البطاطا.

نُفذت التجارب وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة وبثلاث مكررات وفروق معنوية عند مستوى (0.05).

بينت نتائج تحليل التربة أن قيم العناصر الثقيلة في جميع المعاملات كانت أدنى بكثير عن التركيز المسموح فيها لتراكم المعادن الثقيلة في التربة الزراعية. وان إضافة الزيوليت بالمستوى الأول منفرداً أو مختلطاً مع حمأة الصرف الصحي أمَّنَ تغذية مناسبة للأوراق ودرنات البطاطا من العناصر المغذية الكبرى والصغرى، وأضحت النتائج أيضاً أن قيم العناصر الثقيلة في أوراق ودرنات البطاطا ولكافة المعاملات لم تتجاوز القيم النموذجية المنصوح فيها لتراكيز تلك العناصر في النبات.

الكلمات المفتاحية: زيوليت، حمأة الصرف الصحي، معادن ثقيلة، بطاطا.

* قسم علوم التربة– كلية الزراعة– جامعة دمشق.

** الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية– وزارة الزراعة.

*** مركز بحوث اللاذقية (هنادي)– الهيئة العامة للبحوث الزراعية– وزارة الزراعة.

Effect of addition of zeolite ore and sewage sludge on heavy metals concentrations of soil and potatoes

Mohamed said Al Shater [*] Hassan Dergam[**]
Suleiman saleem[*] Akram Al Balkhi[*]
Mazen Ashram[***]

Abstract

The research was conducted in Agricultural Scientific Research Center at Al-Hanadi Station in Lattakia Governorate on calcareous sandy clay soil in order to find out the effect of adding two levels of zeolite, one rate of sewage sludge, and a mixture of zeolite with two different rates with a single rate of sewage sludge on nutrients elements and heavy metals concentrations of Soil and potato crop.

Experiments were carried out according to the design of the complete random Block, three replicates, and significant differences at level (0.05).

The Soil analyzing results showed that the values of heavy elements in all treatments were very below compare with the concentrations allowed for the heavy metals in accumulation agricultural soils. Adding zeolite at the first level alone or mixed with sewage sludge made leaves and potato tubers have properly nutrieted with regard major and micro nutrients. The results also showed that the values of heavy elements in potato leaves, tubers and for all treatments did not exceed the recommended concentration values of these elements in the plant.

Keywords: zeolite, sewage sludge, heavy elements, potatoes.

[*] Department of soil sciences- Faculty of Agriculture- Damascus Univ.

[**] General Commission of Scientific Agriculture Research- Ministry of Agriculture.

[***] Al Hanadi research center in Lattakia, General Commission of Scientific Agriculture Research- Ministry of Agriculture.

المقدمة:

يعتبر الزيوليت معدن رسوبي المنشأ مكون بشكل أساسي من السيليكات الألمنيومية ذات هيكل بلوري على شكل شبكة ثلاثية الأبعاد Rehakova وزملاؤه (2004)، Bernardi وزملاؤه (2013)، ويتشكل الزيوليت في الظروف الطبيعية بوجود مياه قلوية محتوية على نسبة عالية من الاملاح تتفاعل مع الرماد البركاني وتؤدي إلى تشكل بللوري سريع، وأشار Mason و Moore (1982) والسفرجلاني وزملاؤه (2010) إلى إمكانية ارتفاع محتوى العناصر الكيميائية والثانوية الكالكوفيلية الثقيلة في خامات الزيوليت والتي لها خصائص سمية كالرصاص والقصدير والأنتيموان والخارصين والكادميوم والكروم وأيضاً اليورانيوم مقارنة مع متوسط محتواها في صخور القشرة الارضية إلا أنها تظل بمتوسطات نسبها ضمن الحدود المسموح باستخدامها في تحسين خصائص الترب الزراعية الفيزيائية والكيمياخصوبية.

يوجد عموماً مصدرين رئيسيين لدخول المعادن الثقيلة للتربة، وهما مصدر طبيعي Natural وأخر بشري Anthropogenic ناتج عن النشاطات الإنسانية Salmon وFörstner (1995)، Baiz وTercé(2002)، Gandhimathi و Meenabal (2012) و Hattab وزملاؤه (2013)، قادوس وزملاؤه (2015) والشاطر والبلخي (2016).

تمثل 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 عن الانبعاثات البركانية.

يسبب الاستخدام غير العقلاني للأسمدة الفوسفاتية تلوثاً للتربة بعنصر الكادميوم الزعبي وزملاؤه(2007)، الشاطر والبلخي (2014)، الشاطر والبلخي (2016) بينما تتلوث التربة بالنحاس والزنك نتيجة إضافة الاسمدة الحيوانية ورش المبيدات النحاسية Dhillon و Dhillon (1996)، Frossard (2000) ويعود التلوث بالكروم والرصاص لإضافة الفضلات الصناعية والنفطية والري بمياه الصرف الصناعي Varo وزملاؤه

(1980)، الجيلاني (1998)، الزعبي وزملاؤه (2007) و Jiménez – Moreno وزملاؤه (2011) و Hattab وزملاؤه (2013) وقادوس وزملاؤه (2015).

يتجلى التأثير السام للمعادن الثقيلة في النباتات على عدة أشكال تختلف باختلاف المعدن الثقيل Dhillon وDhillon (1996)، الشاطر والبلخي (2014)، الشاطر والبلخي (2016) ولكنها تجتمع في تأثيرها بنوعية وكمية الانتاج. تعتبر النباتات القرنية من النباتات التي تتراكم فيها المعادن الثقيلة بشكل منخفض أما الخضار الجذرية فتتراكم بشكل متوسط وفي الخضار الورقية بشكل مرتفع Alxander وزملاؤه(2006).

مبررات البحث:

– إن الاستخدام الواسع لخام الزيوليت في تحسين الخصائص المختلفة للترب يتطلب التحري والمراقبة لتراكيز المعادن الثقيلة في التربة والنبات.

– يتطلب احتواء حمأة الصرف الصحي على كميات مختلفة من المعادن الثقيلة المراقبة والتحري لتراكيزها في التربة والنبات.

أهداف البحث:

– توصيف خام الزيوليت وحمأة الصرف الصحي وتحديد قيم احتوائهما على المعادن الثقيلة.

– تأثير معدلات الإضافة لخام الزيوليت وحمأة الصرف الصحي في تراكيز العناصر المغذية والمعادن الثقيلة في تربة خفيفة القوام ومحصول البطاطا.

– تأثير التفاعل بين خام الزيوليت وحمأة الصرف الصحي في تراكيز العناصر المغذية والمعادن الثقيلة في التربة ومحصول البطاطا.

مواد وطرائق البحث:

تم تمويل البحث مادياً ومعنوياً بالمشاركة بين وزارة التعليم العالي (مديرية البحث العلمي) ووزارة الزراعة (الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية).

نفذ البحث في أحد الحقول التجريبية بمركز بحوث اللاذقية التابع للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية – وزارة الزراعة (محطة بحوث الهنادي)، ويبين الجدول (1) أهم الخصائص الفيزياخصوبية للتربة.

الجدول (1): بعض الخصائص الفيزياخصوبية للتربة

التحليل الميكانيكي للتربة %				pH معلق 2.5:1	ECe مستخلص عجينة مشبعة ميليموز/سم	كربونات كلية	OM	CECميلي مكافئ/ 100 غرام
رمل	سلت	طين	القوام			%		
75.20	7.80	17.00	رملي لومي	7.91	0.18	21.80	2.40	18.00

تراكيز العناصر الثقيلة الكلية ppm						
Pb	Cd	Cr	Co	Ni	Cu	Zn
4.25	0.16	50.00	11.40	64.20	10.00	58.55

1- حساب كمية الزيوليت الخام المضافة:

أُضيفَ خام الزيوليت بهدف رفع السعة التبادلية للتربة إلى (25 و30 مليمكافئ/100 غرام تربة) علماً بأن السعة التبادلية للتربة كانت (18.00 مليمكافئ/100غرام تربة) والسعة التبادلية لخام الزيوليت (85 مليمكافئ /100غرام) وبالتالي بلغت الكمية المضافة من الزيوليت للهكتار في المستوى الأول(370.80 طن) والمستوى الثاني(635.65 طن)، ويوضح الجدول (2) أهم خصائص خام الزيوليت المضاف للمعاملات المختلفة.

الجدول(2): بعض الخصائص الكيميائية لخام الزيوليت المستخدم بالدراسة

CEC ملیمكافئ/100 غرام في خام الزيوليت	ECe مستخلص العجينة المشبعة مليموز/سم	pH معلق 2.5:1
85.00	3.40	8.75

العناصر الثقيلة الكلية في خام الزيوليت ppm				
Cr	Ni	Co	Cd	Pb
44.00	6.60	11.60	7.30	أثار

2– حساب كمية الحمأة المضافة:

أُضيفت الحمأة بهدف رفع قيمة الآزوت بالتربة من 28.5 جزء بالمليون إلى 50 جزء بالمليون بالاعتماد على نتائج تحليل التربة وتأمين الاحتياجات الغذائية للبطاطا من الآزوت الزعبي وزملاؤه(2013)، ويوضح الجدول (3) أهم الخصائص الكيميائية لحمأة الصرف الصحي التي أضيفت للمعاملات المختلفة.

الجدول (3): بعض الخصائص الكيمياخصوبية لحمأة الصرف الصحي.

عناصر ثقيلة (ppm)							C/N	TN	OM	Ec مستخلص 10:1	pH معلق 10:1
							%				
Zn	Mo	Cu	Pb	Ni	Cr	cd				3.17	5.88
905	20	199	110	64.00	238	3.40	10.30	1.80	49.77		
3000	*30*	*1000*	*800*	*200*	*1000*	*20.00*	الحدود المسموحه لتراكيز العناصر الثقيلة حسب المواصفة السورية لإعادة استخدام الحمأة لعام 2002				

3–حساب كميات الأسمدة المعدنية:

أُضيفت الأسمدة المعدنية بناءً على نتائج تحليل التربة والاحتياجات السمادية لمحصول البطاطا الزعبي وزملاؤه (2013) حيث أضيفت اليوريا بكمية (165.85 كغ /هكتار) على دفعتين، وسلفات البوتاسيوم بمعدل (180 كغ/ هكتار) لتأمين متطلبات البطاطا لمعاملة الأسمدة المعدنية. أما معاملة حمأة الصرف الصحي فأضيف إليها فقط

سلفات البوتاسيوم بمعدل (180كغ/ هكتار). بينما لم يضاف الفسفور لأية معاملة لأن تربة التجارب تحتوي على كمية مناسبة من الفسفور المتاح.

4–المعاملات:

استخدم لتنفيذ أهداف البحث ست معاملات مختلفة:

1–تسميد معدني (F).	2–خام الزيوليت مستوى أول (Z1).
3–خام الزيوليت مستوى (Z2).	4–حمأة الصرف الصحي(S).
5– خام الزيوليت مستوى أول + حمأة الصرف الصحي(S+Z1).	6 – خام الزيوليت مستوى ثاني + حمأة الصرف الصحي(S+Z2)

قُسمت الأرض إلى ثمان عشرة مسكبة (18) واختيرت مساحة المسكبة (1م^2)، نظراً للتقيّد بكمية خام الزيوليت المتوفرة لتنفيذ البحث ولصعوبة الوصول إلى مناجم الزيوليت لإحضار كميات إضافية بسبب الظروف الأمنية السائدة خلال تنفيذ التجارب (2016).

نفذت التجارب وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة Randomized Complete Block Design وبثلاثة مكررات وأختبرت الفروق على أقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية (0.05). اتبعت الطرائق التحليلية المدونة في الشاطر وزملاؤه (2009) والزعبي وزملاؤه(2013) للقيام بمختلف التحاليل التي نُفذت على عينات التربة والمحسنات المضافة.

النتائج والمناقشة:

يبين الجدول (1) أهم خصائص التربة التي استخدمت في تنفيذ التجارب، وتعتبر التربة رملية لومية حسب مثلث قوام التربة الشاطر وزملاؤه (2009) وذات pH قلوي وتعتبر منخفضة السعة التبادلية الكاتيونية (18 مليمكافئ/100غرام تربة). وذات احتواء منخفض من الرصاص والكادميوم والكروم والكوبلت والنيكل Salmon وFöstner(1995)، Gandhimathi و Meenamble (2012)، ويتبين من الجدول (2) أن خام الزيوليت شديد القلوية وغني بالاملاح حيث وصلت الناقلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة (3.40 ميليموز/سم) وذات سعة تبادل كاتيوني مرتفعة

(58مليمكافئ/100غرام خام زيوليت) كما يلاحظ ان خام الزيوليت قليل الاحتواء على المعادن الثقيلة.

يوضح الجدول (3) السابق أن الحمأة المستخدمة غنية بالمادة العضوية وذات pH خفيف الحموضة، وذات نسبة C/N تعادل 10.30 واحتواء مناسب للعناصر الثقيلة حيث تتوافق قيمها مع الحدود المذكورة في المواصفه السورية (2002) والتي تسمح بإضافتها للأغراض الزراعية.

– محتوى تربة المعاملات من العناصر الثقيلة الكلية بعد إنتهاء التجارب:

يبين الجدول (4) المحتوى الكلي لكل من الرصاص، الكادميوم، الكوبلت، النيكل والكروم بـ (ppm) بعد انتهاء التجارب، ويلاحظ عموماً وجود فروق معنوية في قيم المعاملات Z1، Z2، S، S+Z1، S+Z2 في زيادة قيم تلك العناصر مقارنة بمعاملة التسميد المعدني وكانت القيم الناتجة عن التسميد المختلط مابين الزيوليت (المستوى الأول والثاني) وحمأة الصرف الصحي أكبر من القيم الناتجة عن

الجدول (2): تأثير المعاملات في تراكيز العناصر الثقيلة المدروسة في التربة (ppm)

العناصر الثقيلة في 1 لتر ppm					معاملة
Cr	Ni	Co	Cd	Pb	
52.60 f	66.43 f	12.98 d	0.18 f	5.10 f	F
69.73 e	70.83 d	12.75 d	0.23 d	5.51 e	Z1
82.18 d	71.61 d	12.80 d	0.24 d	5.80 d	Z2
95.25 c	73.03 c	16.81 c	0.27 c	6.64 c	S
99.27 b	80.04 b	21.30 b	0.33 b	9.81 b	S+Z1
107.82 a	88.16 a	24.15 a	0.40 a	12.00 a	S+Z2
0.52	1.09	0.29	0.020	0.27	LSD %5

التسميد المنفرد لكل من الزيوليت (المستوى الأول والثاني) وحمأة الصرف الصحي مما يشير إلى أن التسميد المختلط للزيوليت (بالمستويين الأول والثاني) وحمأة الصرف الصحي قد رفع قيم العناصر الثقيلة الكلية في التربة، ومن الضروري الإشارة أيضاً إلى

أن القيم الناتجة للعناصر الثقيلة في جميع المعاملات لم تصل إلى التراكيز المسموح فيها للمعادن الثقيلة في الترب الزراعية من قبل الاتحاد الأوربي والتي بلغت بـ ppm مابين (1–3) للكادميوم، (50–150) للكروم، (50–300) للرصاص و(30-75) للنيكل مع العلم أن لا يوجد قيم محددة للكوبلت، وتتفق تلك النتائج مع Salmons و Förstner (1995) والشاطر (1998)، Papfilpapki وزملاؤه (2007) Gandhimathi و Meenmbal (2012) والشاطر والبلخي(2016).

محتوى أوراق البطاطا من العناصر المغذية:

يوضح الجدول (5) تأثير المعاملات المختلفة في قيم العناصر المغذية الكبرى (N, P, K) كنسبة مئوية من الوزن الجاف لأوراق البطاطا)، ويلاحظ عموماً وجود فروق معنوية في معاملات Z_1، Z_2، S، $S+Z_1$ و $S+Z_2$ عند المقارنة بمعاملة التسميد المعدني (F)، وكانت أعلى القيم لكل من N, P, K في معاملة $S+Z_2$ علماً بأن الفروق غير معنوية مابين المعاملة $S+Z_1$ و $S+Z_2$.

الجدول (5): تأثير المعاملات في قيم العناصر المغذية الكبرى والصغرى في أوراق البطاطا

محتوى أوراق البطاطا من العناصر المغذية							معاملة
Zn	Mn	Cu	Fe	K	P	N	
Ppm				%			
30.80 d	51.91 d	9.79 d	71.20 d	2.53 c	0.21 b	2.74 c	F
31.70 c	52.71 c	10.63 c	78.93 c	2.77 b	0.21 b	2.65 c	Z_1
32.27 c	53.07	10.80 c	79.83 c	2.81 b	0.21 b	2.66 c	Z_2
50.50 a	67.22 a	12.02 a	88.70 a	3.17 a	0.24 a	3.60 a	S
39.57 b	58.67 b	11.55 b	85.57 b	3.19 a	0.25 a	3.38 b	$S+Z_1$
39.90 b	59.21 b	11.67 b	86.53 b	3.27 a	0.24 a	3.48 b	$S+Z_2$
0.77	0.58	0.22	1.16	0.11	0.01	0.11	LSD%5

كما لا يوجد أيضاً فروق معنوية في قيم تلك العناصر عند المقارنة بين المعاملة Z_1 و Z_2 عند الإضافة المنفردة للزيوليت، مما يشير إلى أهمية إضافة المستوى الأول من الزيوليت (منفرداً أو مختلطاً مع حمأة الصرف الصحي) من أجل تأمين تغذية مناسبة

لأوراق البطاطا بالعناصر الكبرى ضمن الظروف السائدة في منطقة تنفيذ التجارب، كما يبين الجدول (5) أيضاً تأثير المعاملات في قيم العناصر المغذية الصغرى (Fe، Cu، Mn و Zn) في أوراق البطاطا، ويلاحظ عموماً وجود فروق معنوية في قيم المعاملات Z_1، Z_2، S، $S+Z_1$ و $S+Z_2$ عند مقارنتها بمعاملة التسميد المعدني (F)، وكانت أعلى القيم للعناصر المغذية الصغرى في معاملة $S+Z_2$ علماً بأنه الفروق غير معنوية مابين المعاملة $S+Z_1$ و $S+Z_2$ عند مستوى معنوية 5% ولا يوجد فروق معنوية في قيم تلك العناصر بين المعاملة Z_1 وZ_2 عند الإضافة المنفردة للزيوليت مما يشير إلى أهمية استخدام المستوى الأول من الزيوليت في تأمين تغذية مناسبة لأوراق البطاطا من العناصر المغذية الصغرى والكبرى ضمن الظروف السائدة في منطقة تنفيذ البحث.

– محتوى البطاطا من العناصر المغذية:

يوضح الجدول (6) تأثير المعاملات المختلفة في قيم العناصر المغذية الكبرى (N،P و K) كنسبة مئوية من الوزن الجاف للدرنات)، ويلاحظ عموماً وجود فروق معنوية في معاملات $S+Z_2$، $S+Z_1$ و S مقارنة بمعاملة التسميد المعدني (F)، وكانت أعلى القيم لكل من (N، P و K) في معاملة $S+Z_2$ علماً بأن الفروق غير معنوية مابين المعاملة $S+Z_1$ و $S+Z_2$ بالنسبة لـ N وP وكانت الفروق معنوية بالنسبة لقيم K وكانت القيمة العليا في المعاملة $S+Z_2$.

يلاحظ ايضاً عدم وجود فروق معنوية في تلك العناصر عند المقارنة بين المعاملة Z_1 وZ_2 مما يشير إلى أهمية الإضافة للزيوليت بالمستوى الأول (منفرداً أو مختلطاً مع حمأة الصرف الصحي) من أجل تأمين تغذية مناسبة للدرنات ضمن الظروف السائدة في منطقة تنفيذ البحث.

كما يبين الجدول (6) أيضاً تأثير المعاملات في قيم العناصر المغذية (Fe، Cu، Mn، Zn، بالـ ppm في درنات البطاطا)، ويلاحظ عموماً وجود فروق معنوية في قيم المعاملات Z_1، Z_2، S، $S+Z_1$،$S+Z_2$ عند مقارنتها بمعاملة التسميد المعدني (F).

الجدول (6): تأثير المعاملات في قيم العناصر المغذية الكبرى والصغرى والانتاجية

معاملة	متوسط قيم تحليل العناصر الغذائية في درنات البطاطا							الانتاجية
	N	P	K	Fe	Cu	Mn	Zn	ط/هـ
	%			(ppm)				
F	2.60 b	0.15 c	0.30 d	2.30 d	69.23 c	7.69 d	47.74 f	27.70 a
Z_1	2.60 b	0.16 bc	0.62 c	2.62 c	76.80 b	8.53 c	76.85 d	28.50 ac
Z_2	2.61 b	0.17 bc	2.70 bc	2.70 bc	77.80 b	8.78 bc	77.77 c	29.40 c
S	3.50 a	0.18 b	2.72 c	2.72 c	78.12 b	1.00 a	78.17 c	46.00 a
$S+Z_1$	3.33 a	0.20 a	2.84 ab	2.84 ab	82.80 a	9.50 ab	82.80 b	37.50 b
$S+Z_2$	3.44 a	0.21 a	2.98 a	2.98 a	83.97 a	9.68 a	83.91 a	38.09 b
LSD%5	0.167	0.019	0.164	0.164	1.43	0.75	0.72	1.04

وكانت أعلى القيم للعناصر المغذية الصغرى في معاملة $S+Z_2$ علماً بأن الفروق غير معنوية مابين المعاملة $S+Z_1$ و $S+Z_2$ عند مستوى 5% بالنسبة للحديد والزنك وكانت الفروق معنوية بالنسبة للنحاس والمنغنيز وكانت أعلى القيم في المعاملة $S+Z_2$ ولايوجد عموماً فروق معنوية في قيم تلك العناصر بين المعاملة Z_2+Z_1 بالنسبة للحديد، النحاس والزنك وكانت الفروق معنوية بالنسبة للمنغنيز وكانت القيمة الأعلى في المعاملة Z_2. تشير النتائج عموماً إلى أهمية إضافة المستوى الأول من الزيوليت منفرداً أو مختلطاً مع حمأة الصرف الصحي من أجل تأمين تغذية مناسبة لدرنات البطاطا من العناصر المغذية الصغرى والكبرى ضمن الظروف السائدة في منطقة تنفيذ البحث، ومن الضروري الاشارة أيضاً إلى أن الانتاجية للدرنات تختلف باختلاف المعاملات ويمكن ترتيبها في المعاملات المدروسة تنازليا كما يلي: $F < Z_2 < Z_1 < S < S+Z_1 < S+Z_2$ والتي بلغت بالطن/ هكتار كمايلي: $29.65 > 28.95 > 24.56 > 26.63 > 21.96 > 18.58$ ط/ هـ وبنفس الترتيب السابق للمعاملات. مما يوضح الدور الهام لإضافة الزيوليت مختلطاً مع حمأة الصرف الصحي أو منفرداً في زيادة الانتاجية من درنات البطاطا.

– محتوى درنات البطاطا من العناصر الثقيلة (ppm):

الجدول (7): تأثير المعاملات في قيم العناصر الثقيلة في درنات البطاطا

العناصر الثقيلة في درنات البطاطا ppm					معاملة
Cr	Ni	Co	Cd	Pb	
0.01 d	0.014 c	0.11 df	0.004 c	0.009 c	F
0.02 cd	0.013 c	0.12 b	0.005 c	0.011 c	Z_1
0.04 bc	0.013 c	0.14 c	0.007 c	0.012 c	Z_2
0.03 cd	0.011 c	0.13 cd	0.004 c	0.011 c	S
0.05 ab	0.11 b	0.16 b	0.008 b	0.130 b	$S+Z_1$
0.06 a	0.13 a	0.18 a	0.011 a	0.150 a	$S+Z_2$
0.016	0.01	0.017	0.001	0.01	LSD %5

يوضح الجدول (7) تأثير المعاملات المختلفة في قيم العناصر الثقيلة بـ ppm في درنات البطاطا ويلاحظ بشكل عام وجود فروق معنوية في قيم المعاملات $S+Z_2$، $S+Z_1$، S، Z_2 و Z_1 مقارنة بمعاملة التسميد المعدني (F) وكانت القيم الناتجة عن التسميد المختلط مابين الزيوليت (المستوى الأول والثاني) وحمأة الصرف الصحي أكبر من القيم الناتجة عن التسميد المنفرد لكل من الزيوليت (المستوى الأول والثاني) وحمأة الصرف الصحي، ممايشير إلى أن التسميد المختلط للزيوليت (المستوى الأول والثاني) مع حمأة الصرف الصحي قد رفع قيم العناصر الثقيلة في درنات البطاطا، ومن الضروري الاشارة إلى أن القيم الناتجة للعناصر الثقيلة في جميع المعاملات لم تتجاوز المجال الذي ذكره Adriano (1986) والتي بلغت بـ ppm مابين (0.05 – 1.20) للكادميوم، (0 – 4) للنيكل، (0.1 – 30) للرصاص و(1 – 5) للكروم مع العلم أنه لايوجد قيم محددة للكوبالت. وتتفق النتائج التي توصل إليها مع نتائج كل من Salmon و Förstner (1995)، Dhillon و Dhillon (1996)، Jones (2001)، Duffu (2002)، AlZoubi وزملاؤه (2008)، جزدان وزملاؤه (2009)، Gandhimathi و Meenambal (2012) والذيب (2016).

الاستنتاجات:

– تشير النتائج إلى أهمية إضافة الزيوليت بالمستوى الأول منفرداً أو مختلطاً مع حمأة الصرف الصحي لتأمين تغذية مناسبة للأوراق ودرنات البطاطا بالعناصر المغذية الكبرى والصغرى.

– إن التسميد المختلط للزيوليت (المستوى الأول والثاني) مع حمأة الصرف الصحي قد رفع قيم العناصر الثقيلة الكلية في الترب إلا أن هذه القيم كانت أقل بكثير من قيم التراكيز المسموح فيها للمعادن الثقيلة في الترب الزراعية.

– لم تتجاوز قيم العناصر الثقيلة المدروسة في درنات وأوراق البطاطا عند التسميد المختلط للزيوليت (بالمستوى الأول والثاني) مع حمأة الصرف الصحي القيم النموذجية لتراكيز العناصر الثقيلة في النبات عند Adriano (1986).

التوصيات:

– يُنصح بإضافة الزيوليت بالمستوى الأول منفرداً أو مختلطاً مع حماة الصرف الصحي نظراً لمساهمته الفعالة في تأمين تغذية مناسبة للأوراق ودرنات البطاطا بالعناصر المغذية الكبرى والصغرى وأيضاً التوفير (بثمن الزيوليت والنقل والاضافة للمستوى الثاني).

– يُوصىَ ضمن الظروف السائدة في منطقة تنفيذ البحث بالإضافة المنفردة أو المشتركة للزيوليت بالمستوى الاول مع حمأة الصرف الصحي من اجل المحافظة على تراكيز العناصر الثقيلة في التربة ضمن التراكيز المسموح فيها للترب الزراعية ولأطول فترة زمنية عند الاضافات المتكررة ولعدة مواسم.

– استمرارية المراقبة الدائمة لقيم العناصر الثقيلة في التربة والنبات بأخذ عينات بشكل دوري كل موسم وتقدير العناصر الثقيلة قبل أية إضافة للزيوليت أو حمأة الصرف الصحي بشكل منفرد أو مختلط.

المراجع References :

- **الشاطر محمد سعيد. 1998.** أثر إضافة المخلفات المدنية على تطور المعادن الثقيلة في التربة. مجلة الخليج العربي للآبحاث العلمية 16 (3) من الصفحة 621 – 642.
- **الشاطر محمد سعيد، أكرم البلخي وميساء الكبرا. 2009.** خصوبة التربة والتسميد (الجزء العملي) منشورات جامعة دمشق –كلية الرزاعة –سورية.
- **الشاطر محمد سعيد وأكرم البلخي. 2014.** خصوبة التربة وتغذية النبات (الجزء النظري) منشورات جامعة دمشق –كلية الزراعة –سورية.
- **الشاطر محمد سعيد وأكرم البلخي. 2016.** تأثير معاملات التسميد في تراكيز المعادن الثقيلة في التربة والسلق. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية.
- **السفرجلاني عبد الرحمن، هانس بو خائيم ماسوني، توماس تيه. 2010.** التركيب الكيميائي لخام الزيوليت في تكوينات السيس والتكشفة في منطقة الحماد–سوريا. مجلة الاسكندرية للتبادل العلمي مجلد (31) العدد (3).
- **الجيلاني عبد الجواد. 1998.** المياه العادمة في الوطن العربي مصادرها واستعمالاتها. ندوة حول تقنيات معالجة وإعادة استخدام المياه العادمة في الفترة مابين 25 – 26 تشرين الثاني. أكساد. دمشق. سورية.
- **الذيب يما. 2016.** تأثير التسميد العضوي وحماة الصرف الصحي في بعض خصائص تربة من غوطة دمشق وإنتاجيتها من البطاطا. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة دمشق (ص 77).
- **الزعبي محمد منهل ومصطفى البلخي ومحمد سعيد الشاطر. 2007.** دراسة تأثير بعض الاحماض المختلفة والكائنات الحية الدقيقة المحللة للفوسفات في إذابة الصخر الفوسفاتي. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. المجلد(23) –العدد 1. الصفحات 305–320.
- **الزعبي منهل وأنس الحصني وحسان درغام. 2013.** طرائق تحليل التربة والبنات والمياه والاسمدة. الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. وزارة الزراعة.
- **المواصفه السورية. 2002.** إعادة الاستخدام الآمن للحمأة. هيئة المواصفات والمقاييس الجمهورية العربية السورية.
- **جزدان عمر، عبد الجواد الجيلاني، أوديس أرسلان، محمد منهل الزعبي، ناديا بيمون ومحمد طباع. 2009.** تأثير إضافة الحمأة في إنتاجية القطن والقمح والذرة الصفراء وتراكم

بعض العناصر الثقيلة في التربة والمحاصيل المدروسة. المجلة العربية للبيئات الجافة 2(2):86-100.

- **قادوس ابراهيم، محمد سعيد الشاطر وحياة وطفة. 2015**. تقييم الثلوث بالرصاص لترب مدخل مدينة درعا الشمالي. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. المجلد (31) –العدد2. الصفحات 135-148.
- **Adriano.D.C. 1986**. Trace elemnts in terrestrial environment seiten, springer – verlag.Berlin Heidelerg. New York. P 533.
- **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 of variations in the accumulation of Cd,Pb and Zn exhibited by six commonly grown vegetabls. Envirn pollut. 14:736-745.
- **AlZoubi M.M. A.Arslan,G.Abdelgawad.N. pejon. M.Tabbaa and O.Jouzdan . 2008.** The effect of sewage sludge on productivity of a crop rotation of (wheat, Maize and Vetch) and heavy metals accumulation in soil and plant in Alepo governorate. American – Eurasion J. Agric and Environ. Sci., 3 (4):618-625.
- **Baize. D. and M. Tercé .2002**.les éléments traces métalliques dans les sols. Approches fonctionnelles et spatiales. Edition INRA. 565 p.
- **Bernardi.A.C.C.Olivera.P.P.A. Mothe,M.B.M.Sousa-Barros,F. 2013.** Braziliian sedmintary zeolite uses in agriculture. Microporous and mesoporous material 167.16-21 CABI publishing .344 p.
- **Dhillon, K.S and Dhillon. S .K. 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 Radiation in agriculture and environment research. Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai, India. Pp. 112-127.
- **Duffus.J.H. 2002.** Heavy metal a meaning less term pour apple chem 14:793-807.
- **Frossard, E, M. Bucher., F.Moza Far and R. Hurrel. 2000**. Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plants for human nutrition. journal of Science of food and Agriculture 80:861-879.
- **Gandhimthi. A and Meenambal. 2012**. Analysis of heavy metal of soil in coimbator by using ANN model. European Journal Scientific Research. 68 (4): 462-474.

- **Hattab N. Hambli R. Montelica-Heino M, Mench M. 2013**.Nueral network and monte carlo simulation approach to investigate variability of copper concentration in phytoremedaiated contaminated soils. Journal of environmental management 129,134-143.
- **Jones. J.B. 2001**. Laboratory Guide for conducting soil test and plant analysis CRC press, Boca Raton. London.
- **Mason ,B. and C.B Moor. 1982**. Principles of geochemistry. 4th ed New York. John Wiley and Sons Inc. 344p
- **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. Joyrnal of environmental pollution. 159. 3078-3085.
- **Papaflipapaki.A.,D.Gaspartos.C.Haidout. and G Stavrolakis. 2007.** Total and bioavailable forms of Cu, Zn, Pb and Cr in agricultural soils, Global Nest Journal.Vol 9:201-206.
- **Rehakova.M.S.Cuvanova.M.Dazivak.J.Rimar.ZGavalova.2004.** Agriculture and agrochemical uses of natural zeolite of clinoptiolite type current opinion in solid state and materials science .8. P397-404.
- **Salmon.w. and U. forstner. 1995**. Heavy metals problem and solution. ISBN3-350-58508. Springer- varlay Berlin.
- **Varo.P.Lähelmä, M.Nuurtamo., E. Saari. 1980**. Mineral element composition of finish food. Potato, vegetables, Fruits, Nuts and Mushroom. Acta Agric scand 22:89-113