النشاط الميكروبيولوجي لتربة كلسية عند إضافة معدلات مختلفة من العناصر الصغرى (Cu, Zn) والسماد العضوي

L'activité microbienne d'un sol calcaire en fonction des différentes concentrations de Zn، Cu et un fertilisant organique ajoutés

Abdalla Al-Issa، Mahmoud Oudeh، Maryame Al-Achtar

Département de Pédologie et la Mise en Valeur des Sols،
Faculté de l'agriculture، université al Baath، Syrie.

Accepté le 05/10/2009

ملخص

يهدف البحث إلى دراسة تأثير تراكيز مختلفة، كلا على حده أو ممزوجة مع بعضها، من عنصري الزنك (0، 100، 200 ملغ\كلغ) والنحاس (0، 50، 200 ملغ\كلغ)، مضافة إلى كميات مختلفة من السماد العضوي (0، 20، 40 طن\سا) لتربة كلسية مزروعة بنبات الخس من اجل حساب أعداد بعض مجاميع الأحياء الدقيقة الرئيسة (البكتريا غيرية التغذية، والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني، والاكتينومايسيتات، والفطريات)، وكذلك لمعرفة شدة تنفس التربة. اشتملت التجربة على 27 معاملة بخمسة مكررات. بينت النتائج أن تراكيز الزنك منفردة أو ممزوجة مع السماد العضوي، أثرت سلباً في أعداد البكتريا غيرية التغذية، ولم يكن للزنك بمفرده أو بتواجده مع النحاس تأثير معنوي في أعداد البكتريا المستخدمة للازوت المعدني، ومن جهة أخرى تباين تأثير كل من الزنك والنحاس منفردين في أعداد الاكتينومايسيتات فبينما ازداد أعدادها بإضافة النحاس، انخفضت عند الزنك وأدى الاستخدام المشترك لكل من (Zn, Cu) إلى انخفاض أعداد الاكتينومايسيتات. لم يكن لكلٍ من إضافة (Zn, Cu) بمفردها تأثير معنوي في أعداد الفطريات. تأثرت شدة تنفس التربة سلباً في أغلب الحالات عند إضافة الزنك والنحاس منفرداً أو ممزوجاً مع المادة العضوية مقارنة بالشاهد.

الكلمات المفتاحية: *تربة؛ زنك؛ نحاس، تسميد عضوي؛ بكتريا غيرية التغذية؛ فطريات؛ تنفس التربة.*

Résumé

Ce projet de recherche vise à étudier l'influence de différentes concentrations de Zn (0،100 et 200 $mg.kg^{-1}$) et Cu (0،50 et 100 $mg.kg^{-1}$) ensemble ou séparément، avec des quantités variantes (0-20-40) t/h d'un fertilisant organique dans un sol calcaire cultivé par les laitues (*Latuca sativa*) sur le dénombrement des populations microbiennes; des bactéries hétérotrophiques، des bactéries utilisant l'azote minéral des actinomycètes، et des champignons. De même، l'effet sur l'intensité respiratoire de la terre. L'expérience a comporté 27 traitements à 5 répétitions. Les résultats ont montré que l'ajout de Zn séparément ou ensemble avec l'engrais organiques، a un effet négatif sur les bactéries hétérotrophiques. Et le Zn séparément ou ensemble avec le Cu n'a pas significative dans le dénombrement des bactéries utilisant l'azote minéral. L'effet de Zn et Cu séparément sur le dénombrement des actinomycètes، est différent selon l'élément: le Cu a provoqué une augmentation significative dans leur dénombrement et l'ajout de (Zn séparément, ou Zn et Cu ensemble) ont engendré une diminution du dénombrement des actinomycètes. Il n'y a pas de différence significative entre l'effet néfaste de Zn et Cu séparément dans le dénombrement des champignons. Concernant l'intensité de respiration، a un effet négatif dans la plupart de traitement de sol en comparaison avec le témoin; quand l'ajout de différentes de Zn et Cu ensemble ou avec l'engrais organique.

Mots clés: *sol; zinc; cuivre; fertilisation organique; bactéries d'hétérotrophe; bactéries utilisées pour l'azote minéral; actinomycètes; champignons; respiration de la terre.*

Abstract

This research project aims to study the influence of different concentrations of Zn (0,100 and 200 $mg.kg^{-1}$) and Cu (0.50 and 100 $mg.Kg^{-1}$) together or separately, with varying amounts (0-20-40) t / h of organic fertilizer in a calcareous soil cultivated with lettuce (*Latuc sativa*) on the enumeration of microbial populations, heterotrophic bacteria, bacteria use inorganic nitrogen, actinomycetes, and fungi. Similarly, the effect on the respiratory intensity of the earth. The experiment included 27 treatments with 5 replications. The results showed that the addition of Zn alone or together with the organic fertilizer, has a negative effect on heterotrophic bacteria. And Zn separately or together with Cu was not significant in the counting of bacteria using mineral nitrogen. The effect of Zn and Cu separately on counts of actinomycetes, differs according to the element: Cu caused a significant increase in their count and the addition of (Zn separately, or

Auteur correspondant: maryamech@hotmail.fr (Maryame Al-Achtar)

Zn and Cu complexes) have resulted in a decrease enumeration of actinomycetes. there is no significant difference between the adverse effect of Zn and Cu in separate counts of fungi. Regarding the intensity of breathing, has a negative effect in most soil treatment compared with control; when adding different Zn and Cu together or with organic fertilizer.

Key words: *soil; zinc copper Organic fertilizer; heterotrophic bacteria; bacteria used for mineral nitrogen; actinomycetes fungi.*

1. المقدمة

تعتبر التربة الوسط البيئي الملائم لنمو الكائنات الحية الدقيقة، وهي تتكون من الجزء المعدني والمادة العضوية والماء والهواء، بالإضافة إلى الكائنات الحية الدقيقة التي توجد في مجاميع مختلطة تمثل كل مجموعة أجناساً محددة[1]. تمتاز الكائنات الحية الدقيقة بأنها ذات معدلات عالية في نموها، وهذا يحتاج إلى قدرة عالية لتكوين مكونات خلوية جديدة [2]. فتقوم بالعديد من التحولات والأنشطة المختلفة التي تسهم بدرجة كبيرة في تحسين خواص التربة، حيث تضطلع هذه الميكروبات بمعدنة المواد العضوية (تحلل المواد العضوية إلى عناصر قابلة للذوبان في الماء)، ومن ثم تتحول الأخيرة إلى مواد بسيطة صالحة لتغذيتها وتغذية الكائنات النباتية الموجودة في التربة [1]. وقد أورد فارس [3] عن ألكسندر [4] أنواعاً مختلفة من الكائنات الحية الدقيقة التي لها القدرة على تحليل المركبات العضوية المختلفة في النبات، ومنها الأنواع التابعة لأجناس: *Clostridium, Myxobacteria , Pseudomonas,Bacillus ,Aspergillus , Streptomyces*. يحتاج النمو الميكروبي إلى العديد من العناصر المعدنية، حيث قدرت نسبة الكربون في العديد من الكائنات الحية الدقيقة فوجد أنه يمثل حوالي (40%-50%) من الوزن الجاف [4]. إلا أنه إذا وجدت بتركيز أعلى من التركيز المناسب لها فإنها تكون سامة [5]. وإن الحالة التأكسدية التي توجد عليها أيونات العنصر المعدني تحدد طبيعة التفاعل الحيوي لهذا العنصر فهي تعطي مدى واسعاً للكائنات الحية الدقيقة لامتصاص العنصر المعدني بمختلف صور الحالات التأكسدية التي يوجد عليها، كما أن المجتمعات الميكروبية الموجودة في التربة تكون دائمة التغير، وذلك بتغير ظروف التربة الفيزيائية والكيميائية، كما أن تباين المجتمعات الميكروبية في المواقع المختلفة للتربة، ما هو إلا انعكاس للتغيرات دائمة الحدوث للتربة [1]. يعتبر عنصري الزنك والنحاس من العناصر الصغرى التي تحتاجها الميكروبات بكميات قليلة لنموها [1]؛ حيث يساعد الزنك في عمليات الاستقلاب الفسيولوجي والنمو، ويساهم في تنشيط العديد من الإنزيمات وبالذات تلك المتعلقة بالأحماض النووية RNA،DNA وفي عمليات انقسام الخلية وفي بناء وتخزين بعض الهرمونات [6]. من الوظائف المهمة التي يقوم بها عنصر الزنك أيضاً مساهمته في تركيب بعض الإنزيمات مثل Carbonic anhydrase وكذلك Carboxylase [1]. ويؤدي النحاس دوراً هاماً في عمليات تثبيت النتروجين الجوي عند البكتيريا المثبتة للنتروجين الجوي. ويلعب دوراً مهماً في العمليات الحيوية، فهو يدخل في عمليات الأكسدة والاختزال [1]. لا بد من الإشارة إلى أن تداخل الزنك مع النحاس يعمل على التأثير على امتصاص ومدى توفر النحاس [7] في [2]. تستطيع العديد من الفطريات مقاومة التراكيز العالية من عنصر الزنك، وعن ميكانيكية المقاومة نذكر أن [8] وجدا بعض الفطريات التي تستطيع ربط عنصر الزنك ببعض المركبات الخلوية مثل (Lipoolysaccharids). ووجد [9] الجسيمات عديدات الفوسفات (Polyphosphate bodies) في الخلايا الفطرية التي تستطيع أن تلتصق وترتبط بعنصر الزنك. كما أن تلوث التربة الزراعية بعنصر النحاس ساعد على ظهور أنواع وسلالات ميكروبية جديدة ذات مقاومة عالية لهذا العنصر وهذا يتضح جلياً عند استخدام بعض المضادات الميكروبية والتي لا يظهر لها أي تأثير على بعض الكائنات الدقيقة مثل الفطريات[2]. وقد أورد [2] أن [10] وجد أن *Penicillium oryzae* ذات قدرة عالية على النمو في التراكيز المرتفعة من النحاس. ومن بين آليات المقاومة التي تستطيع بها الفطريات الحد من الأثر السام لهذا العنصر وجد [11 - 13] أن بعض الفطريات من فصائل *Dematiaceae* وَ *Aureobasidium Pullulans* وَ*Candida ablicans* ذات قدرة على تحمل التراكيز العالية بإنتاج بعض الأبواغ الكلاميدية Chlamydospores وهذه أطلق عليها مقاومة ظاهرية. أيضاً كانت أبحاث [14] التي وجدا فيها أن (*Auerobasidium pullulans*) تستطيع إنتاج الميلانين (Melanin) وهذا يستحث إنزيم (Tyrosine-oxidase) وبه يستطيع الفطر مقاومة التراكيز السامة من النحاس وهذا النشاط الإنزيمي يسهم في ترسيب النحاس في البروتوبلازم الخلوي. ولم تقتصر دراسة أثر سمية النحاس على الفطريات بل امتدت لتشمل بعض أنواع البكتريا مثل *Aerobacter aerogenes* و *Serratia marcescens*، في [2]. مقابل مساهمة الكائنات الحية الدقيقة في تسهيل نمو النبات عن طريق ما تفرزه من مواد مثبطة أو منشطة وما تقوم به من تحولات معدنية مختلفة، يؤثر النبات بدرجة كبيرة على الميكروبات، حيث أن هناك علاقة متبادلة في تأثير كل من النبات والكائنات الحية الدقيقة على الآخر في التربة.

كما تلعب خصائص التربة دوراً كبيراً في تباين أحياء التربة –النباتية منها والميكروبية- فمثلاً تعتبر التربة الكلسية غنية بالعناصر المعدنية، إلا أن مستوى ذوبان المعادن الثقيلة عادةً منخفض [15]، وهذا يؤثر بشكل أو بآخر على النشاط الميكروبي في التربة، كما أنه يختلف باختلاف المفرزات الجذرية للنبات المزروع بهذه التربة، وهنا تكمن أهمية هذه الدراسة.

2. هدف البحث

دراسة تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في أعداد بعض مجاميع الأحياء الدقيقة الرئيسة وتنفس التربة، في تربة كلسية مزروعة بنبات الخس.

3. مواد وطرائق البحث

1.3 التربة

نفذت التجربة في أصص باستخدام تربة كلسية، وتعود التربة المستخدمة إلى الطبقة السطحية (0-30 سم)، وأخذت من مزرعة خاصة بمنطقة الرستن (سوريا).

2.3 النبات المزروع

نبات الخس *Lactuca sativa*، صنف Cartan نقاوة (98%). تمت زراعته بتاريخ 2008/2/20 وتم حصاده بتاريخ 2008/5/15.

3.3 المعاملات المستخدمة في البحث

1.3.3 عنصري الزنك والنحاس

تمت إضافة عنصري الزنك والنحاس على شكل سلفات مائية ($ZnSO_4 .7H_2O$, $CuSO_4 .5H_2O$) ضمن ثلاثة مستويات لكلٍ منهما:

a) عنصر الزنك: ($Zn_0 = 0$, $Zn_1 = 100$, $Zn_2 = 200$) mg $Zn.kg^{-1}$

b) عنصر النحاس: ($Cu_0 = 0$, $Cu_1 = 50$, $Cu_2 = 100$) mg $Cu.kg^{-1}$

2.3.3 السماد العضوي

استخدم السماد البقري المتخمر والمطحون والممر من منخل فتحاته 2 مم، والمستقدم من المزارع المنتشرة في المنطقة. ولقد تمت إضافة هذا السماد دفعة واحدة بعد شهر من إضافة عنصري الزنك والنحاس، بالمعدلات التالية: ($OM_0 = 0$, $OM_1 = 20$, $OM_2 = 40$) t/h

4.3 التصميم الإحصائي

تم استعمال تصميم التجارب المنشطرة (Split split plot design) بثلاثة مكررات لكل معاملة للتخفيف الواحد. تم تحليل النتائج إحصائياً باستخدام برنامج GenStat 7، وتم حساب قيمة أقل فرق معنوي L.S.D عند مستوى دلالة قدره 5% .

5.3 العمليات الزراعية

تضمنت الزراعة شتل الخس بمعدل (2 شتلة/ الأص الواحد)، وجرى الري للأصص كلما دعت الحاجة لذلك، وأُزيلت الأعشاب حالما ظهورها.

6.3 جمع العينات

تم أخذ عينة تربة للتحاليل الأساسية بحدود 1.5 كغ، قبل بدء التجربة. تم أخذ عينات التربة للتحاليل الميكروبيولوجية في نهاية موسم نمو النبات ليتم تحليلها مباشرةً بعد أخذها من الأصص في ظروف معقمة عند سعة حقلية بحدود 70-80%.

7.3 التحاليل المخبرية

1.7.3 التحاليل الفيزيائية والكيميائية الأساسية

تم إجراء التحاليل الأساسية للتربة المدروسة (جدول1.4.) باستخدام الطرق الشائعة والمعتمدة في [16] وفي [17].

2.7.3 التحاليل البيولوجية للتربة

1.2.7. تم تقدير بعض المجاميع الفيزيولوجية للكائنات الحية الدقيقة في التربة بطريقة التخفيفات المتتالية والزرع من ثم على بيئات صلبة [18] بحجم 0.05 مل للطبق الواحد وهي:

أ- البكتيريا غيرية التغذية

تم تقديرها على بيئة الآغار المغذي المكونة من (غ/لتر واحد ماء مقطر): (20) آغار، (5) ببتون، (5) مستخلص اللحم،(5) NaCl. وتم حساب أعدادها من التخفيف $\frac{1}{10000}$.

ب- البكتيريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات

دُرست على البيئة المكونة من (غ/لتر واحد ماء مقطر):(10) نشاء، (2) $(NH_4)_2SO_4$، (1) K_2HPO_4، (1) NaCl، (1) $MgSO_4.7H_2O$، (3) $CaCO_3$، (20) آغار[19]. حُسِبت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات من

التخفيف $\frac{1}{1000}$. تم التعرف على الاكتينومايسيتات بعد التحضين لمدة (10) أيام على حرارة 27ºم من خلال الخواص المزرعية المميزة للاكتينومايسيتات والمتمثلة في وجود الميسيليوم المطمور Substrate mycelium في البيئة والميسيليوم الهوائي Aerial. mycelium

جـ-الفطريات

تم تنميتها على بيئة المالت المكونة من (غ/لتر واحد ماء مقطر): (30) مستخلص المالت، (20) آغار[19]. وتم حساب أعداد الفطريات من التخفيف $\frac{1}{100}$.

وبشكل عام تم حساب أعداد المجاميع الفيزيولوجية آنفة الذكر من خلال جداء متوسط عدد المستعمرات النامية على أطباق بتري لكل تخفيف بمقلوب التخفيف مقسوماً على وزن واحد غرام تربة جافة تماماً.

3.7.3 تنفس التربة

تم تقديرها بالمعايرة بطريقة (R. Öhliger) في [18].

4. النتائج والمناقشة

1.4 الخصائص الأساسية للتربة

يتبين من الجدول (1.4.) أنه يغلب على التربة النسيج الطيني والقلوية الخفيفة، وهي غير مالحة. كما أنها عالية المحتوى جداً من الكربونات الكلية وعالية المحتوى نسبياً من الكلس الفعال، بينما كانت منخفضة المحتوى من الكربونات والبيكربونات الذائبة، ولم يتجاوز محتواها من الكلور الحد الحرج. ويلاحظ أيضاً انخفاض محتوى التربة من المادة العضوية، وارتفاع محتواها من الفوسفور المتاح وانخفاضه نسبياً من البوتاسيوم المتاح. كما وجد أن التربة المدروسة مرتفعة المحتوى من الزنك والنحاس والحديد المتاح.

جدول (1.4.). الخصائص الأساسية للتربة المستخدمة في الدراسة

التحليل		(S)التربة	التحليل	(S) التربة
التحليل الميكانيكي	% للطين	49.95	HCO_3^- (meq/100gr)	1.036
	% للسلت	16.75	Cl^- (%)	0.006
	% للرمل	33.3	**TOM** (%)	1.27
pH (H_2O) (1:2.5)		8.17	P_2O_5 ($mg.kg^{-1}$)	61.762
EC (1:5) (µ S / cm)		117.2	Available **K** ($mg.kg^{-1}$)	150
$CaCO_3$ (%)		87.8	Available **Fe** ($mg.kg^{-1}$)	5.96
Active lime (%)		7.68	Available **Zn** ($mg.kg^{-1}$)	1.36
CO_3^{-2} (meq/100gr)		0.321	Available **Cu** ($mg.kg^{-1}$)	3.61

3.2 التحاليل البيولوجية

يتبين لنا من الجدول (2.4.) تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس كلاً على حده أو مع بعضهما، في أعداد البكتريا غيرية التغذية، والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني، والاكتينومايسيتات، والفطريات، وفي شدة تنفس التربة، مايلي:

- عند الإضافات المختلفة من الزنك: انخفضت أعداد البكتريا غيرية التغذية والاكتينومايسيتات بالمقارنة مع الشاهد عند إضافة الزنك بمعدل Zn_2 وقد يكون ذلك عائد إلى التأثير السلبي للزنك على هاتين المجموعين الميكروبيتين وهذه النتيجة تتفق مع النتائج التي توصل إليها [20]، بينما انخفضت شدة تنفس التربة بالمقارنة مع الشاهد عند Zn_1. ولم يُسجَّل وجود فروقاً معنوية في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والفطريات تحت تأثير الإضافات المختلفة من الزنك ويمكن أن يعود السبب إلى قدرة هذه الكائنات على التأقلم مع التراكيز المستخدمة من الزنك. لم يلحظ وجود فروق معنوية ين معدلي الإضافة من الزنك على شدة تنفس التربة وعلى أعداد الاكتينومايسيتات، بينما انخفض أعداد البكتريا غيرية التغذية عند المعدل Zn_2 مقارنة مع المعدل Zn_1

- تحت تأثير المعدلات المختلفة من النحاس: انخفضت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات عند إضافة النحاس بمعدل Cu_2 بالمقارنة مع Cu_1 وذلك نتيجة التأثير المثبط للنحاس بالتراكيز المرتفعة في زيادة أعداد هذه الخلايا الميكروبية وتطابقت هذه النتيجة مع النتيجة التي جاء بها [22,21]، إلا أن هذا الانخفاض لم يتماشَ مع شدة تنفس التربة حيث كان لـِ Cu_1 تأثير أشد سلبية من Cu_2 . ارتفعت شدة تنفس التربة عند استخدام

مقارنة مع Cu_1 والشاهد. لم توجد فروق معنوية بين معدلات الإضافة المختلفة من النحاس على أعداد البكتريا غيرية التغذية، والفطريات وهذا وافق ما جاء به [21] وقد يكون ذلك عائد إلى أن هاتين المجموعتين الميكروبيتين لم تتأثرا بالنحاس بسبب ارتباطه مع كربونات الكالسيوم لتتكون كربونات الكالسيوم الأساسية $CuCO_3.Cu(OH)_2$ ضعيفة الذوبان [23].

- عند استخدام المعدلات المختلفة من السماد العضوي: تفوق كل من معدلي الإضافة (OM_2 OM_1) على الشاهد في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات وهذا يتطابق مع ما جاء به [24]، نتيجة استفادة هاتين المجموعتين الميكروبيتين من العديد من المواد المضافة. وكان التأثير عكس ذلك بالنسبة لشدة تنفس التربة حيث تفوق معدل الإضافة OM_2 على OM_1، في حين انخفضت شدة التنفس عند إضافة السماد العضوي بالمعدلين المذكورين بالمقارنة مع الشاهد وقد يكون ذلك عائد إلى قلة الأنواع الميكروبية القادرة على الاستفادة من المواد المغذية الناتجة عن تحلل المادة العضوية نتيجة ادمصاص الإنزيمات أو المواد السكرية على غرويات التربة. من ناحية أخرى لم يلحظ وجود فروقاً معنوية بين معدلات الإضافة من السماد العضوي على أعداد كل من البكتريا غيرية التغذية والفطريات ويمكن أن يعود السبب إلى عدم تحلل السماد العضوي بصورة جيدة أو إلى عدم ملائمة نسبة C/N في السماد العضوي.

- عند الإضافات المختلفة من الزنك والنحاس: لم يؤدِ الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس إلى إحداث تأثير معنوي بين المعاملات المختلفة بالنسبة لأعداد البكتريا غيرية التغذية والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني، حيث كانت الفروق ظاهرية وليس لها أية دلالة إحصائية. إلا أن استخدام Zn_2Cu_1 أدى إلى انخفاض معنوي في أعداد الاكتينومايسيتات وفي شدة تنفس التربة بالمقارنة مع الشاهد وتوافقت هذه النتيجة مع نتيجة [25].

أدى تضافر تأثير الزنك والنحاس في المعاملتين Zn_1Cu_2و Zn_2Cu_2 إلى انخفاض أعداد الاكتينومايسيتات والفطريات بالمقارنة مع الشاهد، وربما يرجع ذلك إلى زيادة التأثير السلبي للزنك والنحاس إذ أنه بأن هذين العنصرين مضافان على شكل سلفات أدت إلى زيادة إتاحة هذين العنصرين، ذلك لأن الكبريت يسهل حركية الزنك والنحاس [26] من خلال انخفاض الكميات المثبتة في هذه التربة الكلسية [23] إذ بينت نتائج الأبحاث بأنه ليس فقط التركيز الكلي من العنصر يؤثر في المجتمع الميكروبي وإنما أيضاً التركيز الذائب منه [27]. لم تكن الفروق معنوية بين كل من Zn_1Cu_2 و Zn_2Cu_2 والشاهد في شدة تنفس التربة، بينما عند نفس التركيز المضاف ($100mg.kg^{-1}$) لكلٍ من الزنك Zn_1 والنحاس Cu_2 كان للنحاس تأثير أشد سلبية من الزنك في تثبيط الاكتينومايسيتات والفطريات وشدة تنفس التربة وهذا متفق مع ما توصل إليه [28]. انخفضت شدة تنفس التربة في المعاملة Zn_2Cu_1 بالمقارنة مع Zn_1Cu_1، كما انخفضت في المعاملة Zn_1Cu_1 بالمقارنة مع Zn_1Cu_2. تفوقت المعاملتين Zn_1Cu_1 و Zn_1Cu_2 في أعداد الاكتينومايسيتات وشدة تنفس التربة عن إضافة الزنك منفرداً بنفس التركيز، وذلك نتيجة التضاد بين هذين العنصرين. لم توجد فروق معنوية بين Zn_1Cu_1 و Zn_2Cu_2 في شدة تنفس التربة وأعداد الفطريات، بينما كان للمعاملة Zn_2Cu_2 تأثير سلبي في أعداد الاكتينومايسيتات بالمقارنة مع Zn_1Cu_1. أيضاً لم توجد فروق معنوية بين Zn_1Cu_1 و Zn_2Cu_1 و Zn_1Cu_2 في أعداد الفطريات والاكتينومايسيتات. ولم توجد فروق معنوية في أعداد الفطريات عند استخدام Zn_1Cu_1 أو Zn_1Cu_2 بالمقارنة مع الزنك والنحاس المضافين منفردين بنفس التركيز.

كان للمعاملة Zn_2Cu_2 تأثير أشد سلبية من تأثير Zn_1Cu_2 في أعداد الاكتينومايسيتات، بينما لم يسجل وجود فروق معنوية بين هاتين المعاملتين في أعداد الفطريات، وفي شدة تنفس التربة وذلك نتيجة قدرة تحمل الفطريات على مقاومة تأثير التراكيز المستخدمة من الزنك والنحاس[25]. لم توجد فروق معنوية في أعداد الفطريات والاكتينومايسيتات وشدة تنفس التربة الناتجة عن المعاملة Zn_2Cu_2 بالمقارنة مع إضافة كل من العنصرين منفردين بنفس التركيز. انخفضت شدة تنفس التربة في المعاملة Zn_2Cu_1 بالمقارنة مع Zn_1Cu_2، ولم تكن الفروق معنوية بين تأثير هاتين المعاملتين في أعداد الاكتينومايسيتات والفطريات. أدت المعاملة Zn_2Cu_1 إلى انخفاض في أعداد الاكتينومايسيتات وشدة تنفس التربة بالمقارنة مع Zn_2Cu_2. بينما انخفضت أعداد الفطريات في المعاملة Zn_2Cu_2 بالمقارنة مع Zn_2Cu_1 وهذه النتيجة تخالف النتيجة التي توصل إليها [29] وهذا عائد إلى اختلاف تربة المصدر حيث كانت تربة بحث [29] غابوية.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين السماد العضوي وعنصر الزنك: تباين تأثير معدلات الإضافة من السماد العضوي والزنك بالمقارنة مع الشاهد في أعداد البكتريا غيرية التغذية والاكتينومايسيتات حيث انخفضت أعداد البكتريا غيرية التغذية عند المعاملة OM_2Zn_2 بالمقارنة مع الشاهد، وتماشى هذا الانخفاض مع انخفاض شدة تنفس التربة، وعلى ما يبدو فإن البكتريا غيرية التغذية تضم الأعداد الأكبر من الكائنات الحية الدقيقة في التربة تحت ظروف تأثيرها بإضافة السماد العضوي والزنك، بينما لم توجد فروق معنوية بين OM_2Zn_2 والشاهد في أعداد الاكتينومايسيتات.

وعند إضافة السماد العضوي بمعدليه OM_1 و OM_2 على التربة المضاف إليها Zn_1 أدى إلى زيادة في أعداد الاكتينومايسيتات والبكتريا المستخدمة

للآزوت المعدني بالمقارنة مع الشاهد، وقد يكون ذلك بسبب حاجة هاتين المجموعتين الميكروبيتين إلى الزنك بعد أن أصبح على صورة معقدات عضوية ذائبة عند ارتباط الزنك مع الحموض والأسس العضوية قصيرة السلسلة [23]. انخفضت أعداد كل من البكتريا غيرية التغذية والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات في المعاملة OM_2Zn_2 بالمقارنة مع OM_1Zn_1 بفروق معنوية واضحة. بينما لم توجد فروق معنوية بين هاتين المعاملتين على شدة تنفس التربة. انخفضت شدة تنفس التربة وأعداد البكتريا غيرية التغذية عند استخدام OM_1Zn_2 بالمقارنة مع OM_1Zn_1 وقد يرجع ذلك إلى الكمية الزائدة من الزنك. انخفضت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات عند استخدام OM_2Zn_2 بالمقارنة مع OM_1Zn_2 ، بينما كان للمعاملة OM_1Zn_2 تأثير أشد سلبية من تأثير المعاملة OM_2Zn_2 في شدة تنفس التربة. ارتفعت شدة تنفس التربة، بينما انخفضت أعداد الاكتينومايسيتات في المعاملة OM_2Zn_1 بالمقارنة مع OM_1Zn_2 ، في حين لم توجد فروق معنوية بين تأثير هاتين المعاملتين على أعداد البكتريا غيرية التغذية. لم توجد فروق معنوية بين معدلي السماد (OM_2 OM_1) المضاف إلى التربة المضاف إليها الزنك بتركيز (Zn_2) في أعداد البكتريا غيرية التغذية. لم توجد فروق معنوية عند إضافة OM_2 مع كل من Zn_1 وَ Zn_2 في أعداد البكتريا غيرية التغذية وشدة تنفس التربة، بينما كان لِـ Zn_2 تأثير سلبي بالمقارنة مع Zn_1 عندما أضيف إليهما السماد العضوي بمعدل OM_2 في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات. لم تؤدِ إضافة السماد العضوي بمعدل OM_1،OM_2 إلى الزنك Zn_1 إلى إحداث فروق معنوية مقارنةً مع إضافة الزنك Zn_1 منفرداً، كما لم تؤدِ إضافة السماد العضوي بمعدل OM_1 إلى الزنك Zn_2 إلى إحداث فروق معنوية مقارنةً مع إضافة الزنك Zn_2 منفرداً في أعداد البكتريا غيرية التغذية، بينما انخفضت أعداد هذه المجموعة البكتيرية عند إضافة OM_2Zn_2 مقارنةً مع الإضافة المنفردة للزنك Zn_2. أدت إضافة السماد العضوي بإحدى معدليه OM_1،OM_2 إلى الزنك Zn_1 إلى تفوق معنوية مقارنةً مع إضافة الزنك Zn_1 منفرداً في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات. كما تفوقت أيضاً إضافة السماد العضوي بمعدل OM_1 إلى الزنك Zn_2 مقارنةً مع الإضافة المنفردة للزنك Zn_2 في أعداد هاتين المجموعتين الميكروبيتين. في حين لم تكن الفروق معنوية بين OM_2Zn_2 وإضافة Zn_2 منفرداً. أدت إضافة إحدى معدلي السماد العضوي OM_1،OM_2 إلى الزنك Zn_2 إلى انخفاض شدة تنفس التربة مقارنةً مع إضافة الزنك Zn_2 منفرداً. بينما أدت إضافة السماد العضوي بمعدل OM_2 إلى الزنك Zn_1 إلى تفوق معنوي في شدة تنفس التربة مقارنةً مع إضافة Zn_1 منفرداً. ولم تكن الفروق معنوية بين OM_1Zn_1 وإضافة Zn_1 منفرداً. تحت تأثير الفعل المتبادل بين السماد العضوي وعنصر النحاس: لم يلاحظ وجود فروق معنوية في أعداد البكتريا غيرية التغذية والاكتينومايسيتات تحت تأثير الفعل المتبادل بين السماد العضوي والنحاس ويبدو أن السماد العضوي قد قلل من التأثير السلبي للنحاس على هذه المجموعات الميكروبية. ارتفعت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني تحت تأثير الإضافات المختلفة للسماد العضوي والنحاس بالمقارنة مع الشاهد نتيجة عدم تأثر هذه الميكروبات بالمعقدات المخلبية المتشكلة بين المادة العضوية والنحاس [23].

لم يسّجل وجود فروق معنوية بين كل من الشاهد و OM_1Cu_1 و OM_1Cu_2 في أعداد الفطريات نتيجة قلة حساسية الفطريات في هذه الظروف. بينما أدت إضافة السماد العضوي بمعدل OM_2 إلى Cu_1 و Cu_2 إلى انخفاض أعداد الفطريات بالمقارنة مع الشاهد ولتفسير ذلك، يعتقد تشكل معقدات طينية-عضوية للنحاس (Clay-Cu-OM) [23]. أدت إضافة معدلي السماد العضوي OM_1 و OM_2 إلى التربة المضاف إليها Cu_1 إلى انخفاض شدة تنفس التربة بالمقارنة مع الشاهد. بينما لم توجد فروق معنوية بين كل من الشاهد و OM_1Cu_2 و OM_2Cu_2 في شدة تنفس التربة. لم توجد فروق معنوية في أعداد الفطريات وشدة تنفس التربة بين معدلي السماد OM_1 و OM_2 المضاف إلى التربة المضاف إليها Cu_1. كما أدت المعاملة OM_2Cu_1 إلى انخفاض أعداد الفطريات بالمقارنة مع OM_1Cu_2. وترافق هذا الانخفاض مع انخفاض شدة تنفس التربة. انخفضت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في المعاملة OM_2Cu_2 بالمقارنة مع OM_1Cu_1. كما انخفضت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في المعاملة OM_2Cu_2 بالمقارنة مع OM_2Cu_1 ، وكان التأثير عكس ذلك بالنسبة لشدة تنفس التربة حيث كان لِـ OM_2Cu_1 تأثير أشد سلبية من OM_2Cu_2. أدت إضافة السماد العضوي بإحدى معدليه OM_1،OM_2 إلى النحاس Cu_1 إلى تفوق أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني، بينما أدت إلى انخفاض شدة تنفس التربة، مقارنةً مع الإضافة المنفردة للنحاس Cu_1، ولم تؤدِ إلى إحداث فروق معنوية في أعداد الفطريات.

كما لم تكن الفروق معنوية بين OM_2Cu_2 وإضافة النحاس Cu_2 منفرداً في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والفطريات وشدة تنفس التربة. وأدى استخدام OM_1Cu_2 إلى تفوق في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والفطريات وانخفاض شدة تنفس التربة مقارنةً مع الإضافة المنفردة للنحاس Cu_2.

- تحت تأثير الفعل المتبادل بين Zn و Cu و السماد العضوي كانت أعداد الفطريات 38.47 ألف خلية فطرية في 1غ تربة جافة تماماً في الشاهد و 5.67 ألف خلية في المعاملة $OM_1Zn_1Cu_1$.

وكانت أعداد الاكتينومايسيتات 1.777 مليون في 1غ تربة جافة تماماً في الشاهد وَ 5.667 مليون خلية عند استخدام $OM_1Zn_2Cu_1$. بالنسبة لشدة تنفس التربة فكانت في المعاملة $OM_1Zn_2Cu_1$ 82.91 مغ CO_2 في 1غ تربة جافة تماماً خلال 24 ساعة، بينما وصلت إلى 106.34مغ CO_2 في المعاملة $OM_1Zn_1Cu_2$.

بينما لم توجد فروق معنوية في أعداد البكتريا غيرية التغذية والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني تحت تأثير الفعل المتبادل بين Zn و Cu و السماد العضوي. تباين تأثير إضافة السماد العضوي على أعداد الميكروبات المدروسة وشدة تنفس التربة؛ مقارنة مع عدم إضافة السماد؛ ارتفعت أعداد الاكتينومايسيتات والفطريات عند إضافة السماد العضوي بمعدل OM_1 إلى Zn_2Cu_1 ، بينما انخفضت شدة تنفس التربة عند إضافة كل من OM_1 و OM_2 على المعاملتين: Zn_2Cu_2،Zn_2Cu_1 ، ولم تُحدث إضافة OM_1 و OM_2 فروق معنوية عند إضافتها على المعاملة Zn_1Cu_1 وَ Zn_2Cu_2 في أعداد الفطريات. كما ارتفعت أعداد الاكتينومايسيتات وارتفعت شدة تنفس التربة عند إضافة كل من OM_1 و OM_2 على Zn_1Cu_2 ، كما ارتفعت أعداد الفطريات عند إضافة OM_1 على Zn_1Cu_2 . انخفضت أعداد الفطريات في كافة المعاملات المدروسة بالمقارنة مع الشاهد. بينما كان التأثير عكس ذلك بالنسبة للاكتينومايسيتات حيث ارتفعت أعداد الاكتينومايسيتات بالمقارنة مع الشاهد عدا المعاملتين $OM_2Zn_2Cu_1$ وَ $OM_2Zn_2Cu_2$ اللتين لم توجد بينهما فروق معنوية، كما لم يوجد بينهما والشاهد فروق معنوية. وبالنسبة لشدة تنفس التربة فقد تفوقت المعاملة $OM_1Zn_1Cu_2$ على الشاهد وتشابهت هذه النتيجة مع النتيجة التي توصل إليها [30]، ولم توجد فروق معنوية بين الشاهد وكل من $OM_2Zn_1Cu_1$ وَ $OM_2Zn_1Cu_2$. بينما كان للمعاملات التالية تأثير سلبي على شدة تنفس التربة بالمقارنة مع الشاهد: $OM_2Zn_2Cu_2$, $OM_2Zn_2Cu_1$, $OM_1Zn_2Cu_2$, $OM_1Zn_2Cu_1$, $OM_1Zn_1Cu_1$ يمكن أن يعزى إلى التأثير المباشر المؤدي إلى موت الأنواع الحساسة لهذه التراكيز. تفوقت المعاملة $OM_1Zn_1Cu_2$ في أعداد الاكتينومايسيتات والفطريات وشدة تنفس التربة على تأثير المعاملات المضاف إليها كل من Zn و Cu منفردين بنفس التركيز. تفوقت المعاملة $OM_1Zn_2Cu_1$ على تأثير المعاملات المضاف إليها Zn و Cu منفردين بنفس التركيز في أعداد الاكتينومايسيتات والفطريات وعلى المعاملة المضاف إليها Zn منفرداً بنفس التركيز في شدة تنفس التربة وقد يكون ذلك عائد إلى تشكل معقدات عضوية شديدة الارتباط مع الزنك والنحاس مخففة بذلك من التأثير السلبي لهذين العنصرين، بينما انخفضت شدة التنفس الناتجة عن هذه المعاملة ($OM_1Zn_2Cu_1$) من المعاملة المضاف إليها Cu_1 منفرداً وذلك لاختلاف درجة حساسية أنواع الميكروبات المختلفة في التربة.

كان للمعاملة $OM_1Zn_1Cu_1$ تأثير أشد سلبية في أعداد الفطريات من تأثير المعاملتين $OM_1Zn_2Cu_1$ و $OM_1Zn_1Cu_2$. بينما تفوقت أعداد الاكتينومايسيتات تحت تأثير المعاملة $OM_1Zn_1Cu_1$ على أعداد الاكتينومايسيتات تحت تأثير كل من المعاملات التالية: $OM_2Zn_2Cu_1$, $OM_2Zn_1Cu_2$, $OM_2Zn_1Cu_1$, $OM_2Zn_2Cu_2$, $OM_1Zn_2Cu_2$ بينما لم توجد فروق معنوية في أعداد الاكتينومايسيتات بين$OM_1Zn_1Cu_1$ وكل من $OM_1Zn_2Cu_1$, $OM_1Zn_1Cu_2$. انخفضت شدة تنفس التربة عند استخدام المعاملة $OM_1Zn_1Cu_1$ بالمقارنة مع شدة التنفس الناتجة عن: $OM_2Zn_1Cu_1$, $OM_1Zn_1Cu_2$, $OM_2Zn_1Cu_2$ بينما كان للمعاملة $OM_1Zn_2Cu_1$ تأثير أشد سلبية من تأثير $OM_1Zn_1Cu_1$ في شدة تنفس التربة، ولم توجد فروق معنوية في شدة التنفس بين المعاملات $OM_2Zn_2Cu_2$, $OM_2Zn_2Cu_1$, $OM_1Zn_1Cu_1$. كما انخفضت شدة تنفس التربة في كل من المعاملات: $OM_2Zn_2Cu_1$, $OM_1Zn_2Cu_2$, $OM_2Zn_1Cu_1$, $OM_2Zn_1Cu_2$, $OM_2Zn_2Cu_2$, $OM_1Zn_2Cu_1$, عن شدة التنفس الناتجة عن استخدام $OM_1Zn_1Cu_2$. كان للمعاملات: $OM_2Zn_1Cu_2$, $OM_2Zn_2Cu_1$, $OM_2Zn_2Cu_2$, $OM_1Zn_2Cu_2$, $OM_2Zn_1Cu_1$, تأثير أشد سلبية في أعداد الفطريات من تأثير $OM_1Zn_1Cu_2$ و $OM_1Zn_2Cu_1$، اللتين لم يلاحظ وجود فروق معنوية بينهما ($OM_1Zn_2Cu_1$، $OM_1Zn_1Cu_2$). انخفضت أعداد الاكتينومايسيتات عند استخدام كل من: $OM_2Zn_1Cu_2$،$OM_2Zn_2Cu_2$ $OM_1Zn_2Cu_2$، $OM_2Zn_2Cu_1$، بالمقارنة مع أعداد الاكتينومايسيتات عند استخدام $OM_1Zn_1Cu_2$ وهذه الأخيرة انخفضت معنوياً أيضاً بالمقارنة مع $OM_1Zn_2Cu_1$ بينما لم توجد فروق معنوية بين $OM_1Zn_1Cu_2$ و $OM_2Zn_1Cu_1$. انخفضت أعداد الاكتينومايسيتات نتيجة تأثير كل من المعاملات $OM_1Zn_2Cu_2$, $OM_2Zn_1Cu_1$, $OM_2Zn_2Cu_2$, $OM_2Zn_2Cu_1$, $OM_2Zn_1Cu_2$, بالمقارنة مع أعداد الاكتينومايسيتات الناتجة عن استخدام $OM_1Zn_2Cu_1$. تفوقت المعاملة $OM_1Zn_2Cu_2$ على إضافة كل من الزنك والنحاس منفردين بنفس التركيز في أعداد الاكتينومايسيتات وشدة تنفس التربة وهذا عائد إلى الدور الإيجابي للمادة العضوية، في حين لم توجد فروق معنوية بينها وبين إضافة كلٍ منها (OM, Zn, Cu) منفرداً بنفس التركيز في أعداد الفطريات وذلك لقلة حساسيتها لهذه التراكيز. انخفضت شدة التنفس في المعاملة $OM_1Zn_2Cu_1$ بالمقارنة مع المعاملات: $OM_2Zn_1Cu_1$, $OM_2Zn_1Cu_2$, في $OM_2Zn_2Cu_1$,$OM_2Zn_2Cu_2$, حين لم توجد فروق معنوية بين $OM_1Zn_2Cu_1$ و $OM_1Zn_2Cu_2$. كما انخفضت شدة التنفس في المعاملة $OM_1Zn_2Cu_2$ بالمقارنة مع: $OM_2Zn_2Cu_1$, $OM_2Zn_1Cu_1$, $OM_2Zn_1Cu_2$,بينما انعدمت الفروق المعنوية بين $OM_1Zn_2Cu_2$ و $OM_2Zn_2Cu_2$. لم

توجد فروق معنوية بين المعاملات التالية في أعداد الفطريات: $OM_2Zn_2Cu_2$, $OM_2Zn_2Cu_1$, $OM_2Zn_1Cu_2$, $OM_2Zn_1Cu_1$, $OM_1Zn_2Cu_2$. تفوقت المعاملتين $OM_2Zn_1Cu_1$ و $OM_2Zn_1Cu_2$ في أعداد الاكتينومايسيتات على المعاملات المضاف إليها الزنك والنحاس منفردين بنفس التركيز، بينما انعدمت الفروق المعنوية في أعداد الفطريات وشدة تنفس التربة.

الجدول (2.4.). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في أعداد بعض المجاميع الرئيسة للكائنات الحية الدقيقة وشدة التنفس في التربة في 1غ تربة جافة تماماً

المعاملات		أعداد البكتريا غيرية التغذية (مليون)	أ عداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني (مليون)	أعداد الاكتينومايسيتات (مليون)	أعداد الفطريات (ألف)	$mg\ CO_2\ g^{-1}\ dm.\ 24\ h^{-1}$
$OM_0\ Zn_0\ Cu_0$		16.72	3.18	1.777	38.47	97.81
$OM_0\ Zn_0\ Cu_1$		11.91	4.84	2.473	6.14	102.24
$OM_0\ Zn_0\ Cu_2$		17.78	4.62	1.970	9.28	96.06
$OM_0\ Zn_1\ Cu_0$		17.32	4.02	1.530	8.96	98.90
$OM_0\ Zn_1\ Cu_1$		14.12	4.06	2.370	14.60	97.99
$OM_0\ Zn_1\ Cu_2$		11.16	4.85	1.997	9.36	91.01
$OM_0\ Zn_2\ Cu_0$		15.97	5.31	1.987	4.70	95.71
$OM_0\ Zn_2\ Cu_1$		12.08	5.17	1.770	12.16	106.42
$OM_0\ Zn_2\ Cu_2$		14.19	6.78	1.747	8.58	118.44
$OM_1\ Zn_0\ Cu_0$		9.27	7.46	4.137	12.36	88.54
$OM_1\ Zn_0\ Cu_1$		15.27	7.93	4.783	10.34	97.55
$OM_1\ Zn_0\ Cu_2$		11.78	7.68	5.437	15.60	101.47
$OM_1\ Zn_1\ Cu_0$		16.76	5.81	3.627	7.08	86.25
$OM_1\ Zn_1\ Cu_1$		16.61	8.38	4.837	5.67	91.67
$OM_1\ Zn_1\ Cu_2$		16.62	7.09	4.493	20.68	106.34
$OM_1\ Zn_2\ Cu_0$		6.67	7.78	3.877	11.24	95.20
$OM_1\ Zn_2\ Cu_1$		13.99	9.28	5.667	21.58	82.91
$OM_1\ Zn_2\ Cu_2$		12.56	5.84	3.057	7.57	87.17
$OM_2\ Zn_0\ Cu_0$		18.05	6.85	6.450	8.95	107.67
$OM_2\ Zn_0\ Cu_1$		19.97	7.38	4.990	5.44	87.19
$OM_2\ Zn_0\ Cu_2$		17.96	6.74	3.370	8.78	108.06
$OM_2\ Zn_1\ Cu_0$		9.30	4.81	2.280	11.53	89.65
$OM_2\ Zn_1\ Cu_1$		10.87	8.73	3.650	10.19	99.24
$OM_2\ Zn_1\ Cu_2$		12.77	7.00	3.400	6.63	99.54
$OM_2\ Zn_2\ Cu_0$		5.45	5.15	1.420	12.57	103.64
$OM_2\ Zn_2\ Cu_1$		9.06	5.65	2.617	9.14	92.02
$OM_2\ Zn_2\ Cu_2$		8.50	4.90	2.707	9.08	90.84
Zn		**2.775**	**ns**	**0.3818**	**ns**	**1.594**
Cu		**ns**	**0.623**	**0.3478**	**ns**	**1.483**
OM		**ns**	**0.282**	**0.2803**	**ns**	**2.497**
Zn × Cu	**0.05 L.S.D**	**ns**	**ns**	**0.6022**	**5.748**	**2.549**
OM × Zn		**5.276**	**0.889**	**0.5701**	**ns**	**2.948**
OM × Cu		**ns**	**0.902**	**ns**	**5.197**	**2.878**
OM × Zn × Cu		**ns**	**ns**	**0.9997**	**9.584**	**4.536**

كما لم توجد فروق معنوية عند استخدام $OM_2Zn_2Cu_1$ و $OM_2Zn_2Cu_2$ عن المعاملات المستخدم فيها كل من الزنك والنحاس منفردين بنفس التركيز في أعداد الفطريات والاكتينومايسيتات، بينما تفوقت المعاملة $OM_2Zn_2Cu_2$ في شدة تنفس التربة على إضافة الزنك والنحاس منفردين بنفس التركيز. كما بينت الدراسات عدم وجود فروق معنوية بين أعداد الاكتينومايسيتات نتيجة استخدام $OM_1Zn_2Cu_2$ وبين الأعداد الناتجة عن استخدام كل من: $OM_2Zn_1Cu_1$, $OM_2Zn_1Cu_2$, $OM_2Zn_2Cu_1$, $OM_2Zn_2Cu_2$. بينما كان للمعاملة $OM_2Zn_2Cu_1$ تأثير سلبي على أعداد الاكتينومايسيتات بالمقارنة مع تأثير $OM_2Zn_1Cu_1$. لم توجد فروق معنوية بين تأثير كل من: $OM_2Zn_2Cu_2$, $OM_2Zn_1Cu_2$, $OM_2Zn_1Cu_1$ في أعداد الاكتينومايسيتات. انخفضت شدة التنفس في كل من المعاملتين $OM_2Zn_2Cu_1$ و $OM_2Zn_2Cu_2$ بالمقارنة مع $OM_2Zn_1Cu_1$. بينما لم توجد فروق معنوية بين $OM_2Zn_1Cu_1$ و $OM_2Zn_1Cu_2$. لم توجد فروق معنوية بين $OM_2Zn_2Cu_1$ و $OM_2Zn_2Cu_2$ ، حيث انخفضت

شدة التنفس فيهما بالمقارنة مع شدة التنفس الناتجة عن استخدام المعاملة $OM_2Zn_1Cu_2$.

5. الاستنتاجات

1) انخفضت أعداد البكتريا غيرية التغذية وشدة تنفس التربة عند إضافة الزنك بمعدل ($100,200mgZn.kg^{-1}$)

2) لم يكن لإضافات الزنك المختلفة ($100\text{-}200mgZn.kg^{-1}$) تأثير معنوي في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والفطريات.

3) انخفضت أعداد الاكتينومايسيتات والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني وارتفعت شدة تنفس التربة عند إضافة النحاس بمعدل (Cu_2=100 $mgCu.kg^{-1}$) مقارنة مع (Cu_1=50 $mgCu.kg^{-1}$).

4) لم تلحظ وجود فروق معنوية عند الإضافة المشتركة لمعدلات مختلفة من الزنك والنحاس في أعداد البكتريا غيرية التغذية والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني.

5) كان للنحاس تأثير أشد سلبية من تأثير الزنك عند نفس معدل الإضافة 100 $mg.kg^{-1}$ لكلٍ منهما في أعداد الاكتينومايسيتات والفطريات وشدة تنفس التربة.

6) لم تسجل فروق معنوية في أعداد الفطريات والاكتينومايسيتات وشدة تنفس التربة عند إضافة Zn_2Cu_2 بشكل مشترك مقارنة مع إضافة كلٍ منهما منفرداً.

7) أدت إضافة السماد العضوي بمعدل OM_1 إلى التربة المضاف إليها Cu_2 إلى ارتفاع أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والفطريات وانخفاض شدة تنفس التربة مقارنة مع الشاهد. في الوقت الذي لم تحدث إضافة OM_2 إلى التربة المضاف إليها Cu_2 فروق معنوية في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والفطريات وشدة تنفس التربة مقارنة مع إضافة النحاس منفرداً Cu_2.

8) انخفضت أعداد الفطريات في التربة تحت تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري Zn و Cu مقارنة مع الشاهد، كما لم تحدث الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري Zn و Cu تأثير معنوي في أعداد البكتريا غيرية التغذية والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني.

9) ارتفعت أعداد الاكتينومايسيتات والفطريات وازدادت شدة تنفس التربة عند إضافة كل من OM_1 و OM_2 مع ZnCu.

6. المراجع

[1] السراني، عبد العزيز بن قبلان وَ الترك، إدريس بن منير وَ الحسيني، محمد محمد، *الميكروبيولوجيا التطبيقية العملية*، الجزأين الأول والثاني، 2005، كلية العلوم ، جامعة طيبة، المدينة المنورة.

[2] ابن صادق، عبد الوهاب رجب هاشم، *ميكروبيولوجيا التعدين*، كلية العلوم، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية، 2002.

[3] فارس، فاروق صالح، *أساسيات علم الأراضي*، منشورات جامعة دمشق، 1992.

[4] الكسندر، مارتن، *مقدمة في ميكروبيولوجيا التربة*، الطبعة الثانية، جون وايلي وأولاده، نيويورك (ترجمة عربية)، 1982.

[5] مشهور، وجدي وَ حازم، عبد القادر وَ الحداد، محمد وَ جمال، راوية، *أساسيات الميكروبيولوجي*، كلية الزراعة- جامعة عين شمس- مصر، 2000.

[6] J.J. Mortvedt, P.M. Giordano and W.L. Lindsay, *Micronutrients in Agriculture*, Soil Sci. Soc. Of America, Madison, Wis. 1972.

[7] A. Kabata-Pendias and H. Pendias, *Trace Elements in soil and Plant*.CRC Press. Inc., Boca Raton, Florida, 1985.

[8] M. Schinder and M.J. Osborn، *Interaction of divalent cation and polmyxin Bwith Lipopolsaccharide*. Biochem., Vol. 18, 1979, p. 4425-4431.

[9] E.D. Weinberg, *Microorganisms and Mineral*, Marcel Dekker, Inc., New York, 1977.

[10] Y. Yamamasaki and S. Tschiay, *Studies on drug resistance of the rice fungus*, Piricularia oryzae, Bull. Ints. Agr. Sci. Vol. D11, Japan, 1964, p. 1-15.

[11] R.L. Strakey and S.A. Waksman, *Fungi tolerant to extreme acidity and high concentration of copper sulphate*, J. Bacteriol., Vol. 54, 1943, p. 1248-1249.

[12] G.M. Gadd, *Mechanis implicated in the ecological success of polymorphic fungi in metal-polluted habitates*. Environ. Techno. Lett., Vol. 2, 1981, p. 531-536.

[13] I.S. Ross, *Effect of copper، cadmium and zinc on germination and mycelia growth of candida albicans*. Trans. British. Mycol. Soc., Vol. 78, 1982, p. 543-545.

[14] G.M. Gadd and A.J. Griffiths, *Influence of pH on toxicity and uptake of copper in Aurebasidium pollulans*, Trans. British Mycol. Soc., Vol. 75, 1980, p. 303-317.

[15] سعد الله نجم عبد الله النعيمي، *مبادئ تغذية النبات*، تأليف: ك. مينكل وَ ى. آ. كيربي، جامعة الموصل، العراق، 1984.

[16] محمد خلدون درمش، محي الدين القرواني ومصطفى البلخي، *أساسيات علم التربة*، الجزء العملي، كلية الزراعة، جامعة حلب، 1982.

[17] محمود عودة، وسميرَ شمشم، *خصوبة التربة وتغذية النبات*، الجزء العملي، كلية الزراعة، جامعة البعث، 2007.

[18] F. Schinner, R. Öhlinger, E. Kandeler, and R. Margesin, *Methods in soil Biology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996.

[19] عبد الله العيسى، *أساسيات الأحياء الدقيقة*، الجزء العملي، منشورات جامعة البعث، 2005.

[20] M. Barajas Aceves, C. Grace, J. Ansorena, L. Dendooven and P.C. Brookes, *Soil microbial biomass and organic C in a gradient of zinc concentrations in soils around a mine spoil tip*. Soil Biology and Biochemistry. Vol. 31, Issue 6, 1999, p. 867-876.

[21] D.D. Wang, H.X. Li ، Z.G. Wei, M.Q. Liu, Wang X., F. Hu, *Effects of earthworm inoculation and straw amendment on soil microflora and microbial activity in Cu contaminated soil*. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. Vol. 18, Issue 5, 2007, p. 1113-9.

[22] I. Vogeler, A. Vachey, M. Deurer and N. Bolan, *Impact of plants on the microbial activity in soils with high and low levels of copper*, European Journal of Soil Biology, Vol. 44, Issue 1, 2008, p. 92-100.

[23] محمود عودة، *خصوبة التربة وتغذية النبات*، منشورات جامعة البعث، 2008.

[24] Robert K. Noyd, F. L. Pfleger, Michael R. Norland and Michael J. Sadowsky, *Native prairie grasses and microbial community responses to reclamation of taconite iron ore tailing*, Canadian Journal of Botany, Can. J. Bot., Vol. 73, Issue 10, 1995, p. 1645-1654.

[25] P.H. Kao, C.C. Huang and Z.Y. H seu, *Response of microbial activities to heavy metals in a neutral loamy soil treated with biosolid*, Chemosphere, Vol. 64, Issue 1, Jun 2006, p. 63-70.

[26] Y. Wang, Q. Li, W. Hui, J. Shi, Q. Lin, X. Chen and Y. Chen, *Effect of sulphur on soil Cu/Zn availability and microbial community composition*, J. Hazard Mater, (Epub ahead of print), 2008 Feb 17.

[27] K. Saeki, T. Kunito, H. Oyaizu and S. Matsumoto, *Relationships between bacterial tolerance levels and forms of copper and zinc in soils*, J. Environ Qual., Vol. 31, Issue 5, 2002, p. 1570-5.

[28] X. Chen, J. Shi, Y. Cen, X. Xu, S. Xu, Y. Wang, *Tolerance and biosorption of copper and zinc by Pseudomonas putida CZ1 isolated from metalpolluted*

Vol. 70, Issue 5, 2004, p. 2966-73.

[30] T. Kunito, S. Saeki, Goto , H. Hayashi, H. Oyaizu, S. Matsumoto, *Copper and zinc fractions affecting microorganisms in long-term sludge-amended soils*, Bioresour Technol., 2001, Vol. 79, Issue 2, p. 135-46.

soil, Can. J. Microbiol., Vol. 52, Issue 4, 2006 Apr, p. 308-16.

[29] R.M. Rajapaksha, M.A. Tobor-Kaplon, E. Bååth, *Metal toxicity affects fungal and bacterial activities in soil differently*, Appl. Environ. Microbiol.,