تأثير إضافة حمض الستريك وكبريتات الزنك والمزيج منهما في مؤشرات النمو وامتصاص الزنك في العدس والذرة الصفراء في تربة السفيرة

منار علولو*، محمد باهر القدور، عبد الغني خورشيد**،**

أحمد شمس الدين شعبان***

* طالبة دراسات عليا (دكتوراه)، قسم علوم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الزراعة، جامعة حلب

** قسم علوم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الزراعة، جامعة حلب

*** عضو الهيئة الفنية، كلية الزراعة، جامعة حلب

الملخص

هدف البحث إلى دراسة تأثير إضافة حمض الستريك وكبريتات الزنك والمزيج منهما في مؤشرات النمو وامتصاص الزنك في المحاصيل المزروعة. بينت النتائج أنه كانت معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك هي الأفضل من بين المعاملات بالنسبة لمؤشرات النمو في المحاصيل المزروعة، وذلك بسبب فعالية حمض الستريك بما يمتلكه من التأثير الحمضي لأيونات الهيدروجين من جهة والتأثير للجذر العضوي من جهة أخرى، وبسبب فعالية كبريتات الزنك وتأثيرها الحمضي أيضا .كما يلاحظ أن مجموعة الزنك المرتبطة بالأكاسيد لم تشارك في إمداد نباتات المحاصيل المزروعة بالزنك، بينما يلاحظ أن مجموعة الزنك المرتبط بالكربونات قد شاركت في إمداد النباتات بالزنك، بالإضافة إلى باقي المجموعات. كذلك لابد من الإشارة إلى أن تركيز الزنك في حبوب المحاصيل المزروعة، كان أقل من الحد الطبيعي في معاملة الشاهد أما تركيز الزنك في حبوب المحاصيل المزروعة في باقي المعاملات، فكان عند الحدود الطبيعية، وكان أفضلها في معاملة المزيج.

الكلمات المفتاحية: التربة الجيرية، مجموعات الزنك، تجربة الأصص.

ورد البحث للمجلة بتاريخ 2020/4/5

قبل للنشر بتاريخ 14 / 6 /2020

Effect of Adding Citric Acid and Zinc Sulfate and Their Mixture on Growth Indices and Zinc Uptake by Lentils and Zea Mays in Alsfira Soil

Manar Alloulou *, M. Baher Alkaddour **, Abdul-Ghani Khorshid **, Ahmed Shams Al-Din Shaaban ***

* Postgraduate Student (PhD), Dept. of Soil Science & Land Reclamation, Faculty of Agriculture, University of Aleppo

** Dept. of Soil Science & Land Reclamation, Faculty of Agriculture, University of Aleppo

*** A Member of Technical Staff, Faculty of Agriculture, University of Aleppo

Abstract

The aim of this research was to study the effect of the addition of citric acid and zinc sulfate and their mixture on the indicators of growth and zinc uptake in cultivated crops. The results showed that the treatment of the mixture of citric acid and zinc sulfate was the best for growth indicators in cultivated crops due to the effectiveness of the citric acid with its acidic effect of hydrogen ions, on the one hand, and the effect of the organic root, on the other hand, in addition to the effectiveness of zinc sulfate and its acidic effect. Moreover, it is noted that the zinc group associated with the oxides was not involved in the supply of crop plants cultivated with zinc, while the zinc group associated with carbonates has participated in supplying the plants with zinc, in addition to the other groups. Furthermore, it must be noted that the concentration of zinc in the cultivated crops was less than the natural limit in the treatment of the control, whereas the concentration of zinc in the crops cultivated in the rest of the transactions was at the natural limits, and was the best in the treatment of the mix.

Key words: calcareous soils, zinc groups, potted experiment.

Received 5/4/2020
Accepted 14/6/2020

1-المقدمة والدراسة المرجعية:

الزنك هو من المغذيات الصغرى الاستثنائية في فيزيولوجيا النبات. وعنصر أساسي لنمو النبات وغلة وجودة المحصول، تحتاجه النباتات أساسا لنموها وتطورها[1].ينظر إلى التجزئة الكيميائية لزنك التربة على أنها وسيلة لتقييم مصادر الزنك المتوفر للنبات وكوسيلة لتحديد المستخلصات المحتملة لقياس الزنك المتاح[2] . وقد ذكر[3]أن الزنك الموجود في الأشكال القابلة للذوبان والتبادلي والمعقد يسهم إلى حد كبير في تغذية النبات، في حين أن المرتبط مع الأكاسيد والمعادن الأساسية والثانوية الأخرى غير متوفر نسبيا. يعتبر نقص الزنك من نقص العناصر الغذائية الصغرى الأكثر انتشارا في جميع أنحاء العالم،مما تسبب بتخفيضات حادة في انتاج الحبوب والجودة [4] . وقد وجد أن حوالي 48 % من الترب تعاني من نقص في الزنك المتاح [5]. كما يعتبر الزنك من العناصر الغذائية الصغرى التي تشكل عائقاً رئيسياً للإنتاجية والاستقرار والاستدامة في العديد من الترب. ويؤدي نقص الزنك في هذه الترب المزروعة بالقمح إلى انخفاض تركيزه في الحبوب ويعتبر عاملا رئيسيا في انخفاض كمية الزنك للإنسان [6]. وتعتبر التقوية البيولوجية لنباتات الغذاء الأساسية استراتيجية واعدة لتحسين وضع الزنك [7]. وتكون التقوية البيولوجية بزيادة كثافة المغذيات المتوفرة بيولوجيا في أجزاء نباتات المحاصيل الصالحة للأكل من خلال تقنيات وراثية أو زراعية[8]. وتعني التقوية البيولوجية الزراعية أن كثافة المغذيات الصغرى في المواد الغذائية ذات الأصل النباتي تكون متزايدة بوساطة الممارسات الزراعية التي تزيد من توفر العناصر الغذائية الصغرى الموجودة في التربة [9]. وبالتالي، يمكن اعتبار التقوية البيولوجية للمحاصيل من خلال تطبيق الممارسات الزراعية السليمة استراتيجية محتملة تؤدي إلى زيادة غلة المحصول وجودته. وزاد إنتاج القمح بسبب إضافة الزنك في مختلف ترب الهند [10]. ووجد [11] أن رش كبريتات الزنك وكذلك إضافته للتربة زاد إنتاج محصول القمح المحلي بشكل كبير.ذكر [12] أن إضافة 10 جزء في المليون $ZnSO_4$ للتربة زاد إنتاج الذرة بشكل كبير في ستة من أصل تسعة ترب من هاريانا في تجربة أصص. وكانت الإضافة للتربة أفضل

من تطبيق الرش. وذكر [13] أيضا أن إضافة الزنك للتربة أظهر زيادة في امتصاص الزنك بوساطة محصول الفصة.ذكر [14] نقص الزنك في ترب الهند والاستجابة لإضافته على مختلف المحاصيل. وإن إضافة 5 كغ زنك/هـ زاد متوسط إنتاجية الذرة 63.9–74.8 كغ/هـ. وزادت إضافة السماد الأخضر محتوى الزنك في حبوب الأرز والقش بشكل ملحوظ [15].وذكر [16]عن تفاعل التآذر بين الزنك والآزوت.تراوحت الجرعة المثلى من الزنك للمحاصيل المختلفة 5–10 كغ للهكتار. ومن بين أسمدة الزنك المختلفة، يكون المصدر المخلب أكثر فعالية من المصادر غير العضوية [17]بما أن نقص الزنك هو الأكثر انتشارا في الأرز، غالبا ما يضاف العنصر إلى الترب بالنسبة للأرز والكمية المتبقية تستخدم من قبل المحاصيل اللاحقة. من المحتمل أن يتأثر ادمصاص الزنك المضاف وإزاحته اللاحقة وتوفره اللاحق إلى الأرز ومحصول الذرة أو القمح التالي بالتغيرات في خصائص التربة الكيميائية والكهربائية–الكيميائية التي تنتج من أنظمة الرطوبة المختلفة في حقول الأرز[18]. تؤثر نظم إدارة المحاصيل على المحتوى الكلي للفلزات، وعلى وجه الخصوص المحتوى المتوفر من كاتيونات المواد الغذائية، أي الزنك في التربة[19]. من ناحية أخرى، تتأثر إدارة المحاصيل السابقة بخصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والخصوبية وهذا بدوره يعدل توفر المغذيات الصغرى في التربة[20]. درس[21] تأثير مخلفات المحاصيل المختلفة السابقة على تركيز الأحماض الأمينية الكلية والكربون العضوي الذواب (DOC) في محلول تربة الريزوسفير ومحتوى الزنك في حبوب القمح. وبينت نتائجهم أن المحاصيل السابقة تؤثر تأثيرا كبيرا على تركيز الزنك في حبوب القمح التالي، على الأقل جزئيا عن طريق الروابط العضوية القابلة للذوبان المتحررة في محلول التربة. ولذلك، يبدو الإدارة الزراعية المناسبة المطبقة يمكن أن تكون فعالة في التخفيف أو على الأقل الحد من نقص الزنك. ومن أجل فهم أفضل لفعالية المحاصيل المختلفة السابقة في تعزيز قابلية توفر الزنك والتخفيف من نقصه، تكون الحاجة لمعرفة التغيرات في المجموعات الكيميائية للزنك في الطور الصلب للتربة والمساهمة لتوفر الزنك لهذه الأشكال[22]. في الترب القاعدية والجيرية يظهر نقص الزنك على نطاق

واسع في الأراضي الزراعية في العالم [23]. ويعتبر نقص الزنك مشكلة واسعة الانتشار للنباتات[24]. وفي معظم الحالات، يكون محتوى الزنك الكلي في التربة عاليا، والسبب الرئيسي لنقص الزنك بين الأنواع النباتية هو انخفاض التوافر البيولوجي من هذا الكاتيون [25]على الرغم من أن الزنك مطلوبا من قبل النبات في تركيز بالميكروغرام، إلا أن الجزء المتاح بيولوجيا في التربة منخفضا جدا بسبب عوامل التربة المختلفة[26].وبعض الترب، على الرغم من وجود كمية مقبولة من الزنك فيها، إلا أنها لا يمكن أن تدعم نمو النبات بسبب قلة الزنك المتاح بيولوجيا. وقد أثبت أن حوالي 30٪ من الترب في العالم ومعظمها تكون جيرية، تعاني من نقص الزنك باعتباره العامل الرئيس المحدد لنمو المحاصيل، في هذه المناطق، غالبا ما يكون نقص الزنك بسبب المستويات الأدنى من الزنك الكلي للتربة و/أو توفره البيولوجي[27]. وبعد إضافته إلى التربة، يكون الزنك مترسبا أو مدمصا إلى مكونات التربة. ومن المعروف أن هناك عدد من العوامل بما في ذلك قوام التربة والرقم الهيدروجيني والمحتوى المائي والمادة العضوية والكربونات للتربة تؤثر على التوافر البيولوجي للزنك في التربة[23].وقد أظهرت الترب ثقيلة القوام احتفاظا أكثر للزنك على مواقع ادمصاصها من الترب خفيفة القوام. وقد وجد أن هناك علاقة سلبية بين الزنك المستخلص بـDTPA ومحتوى الطين في التربة[28]. تميل النباتات التي تزرع في الترب التي تعاني من نقص الزنك إلى تراكم كاتيونات العناصر الثقيلة، التي تكون مرة أخرى خطرا محتملا على صحة الإنسان[29]. نقص الزنك هو نقص المغذيات الصغرى الشائع التي تصيب الذرة في أجزاء مختلفة من العالم [30].

2-أهمية وهدف البحث:

الزنك من العناصر الغذائية الصغرى اللازمة للنمو الطبيعي للنبات. ويعتبر إمداداه بكمية كافية لاغنى عنه لنمو وتطور النباتات. ويؤخذ ذلك في المقام الأول من التربة من خلال جذور النباتات والانتقال المحلي إلى أجزاء أخرى حيث توجد حاجة إليه لأداء دوره المحدد. وفي معظم الحالات، تمتلك التربة (وسط الجذور) كمية كافية من الزنك الكلي، ولكن النباتات لا تزال تعاني من قيود النقص فيه وخاصة في الترب

الجيرية. وهناك عوامل كثيرة تؤثر وتنظم التوافر البيولوجي لزنك التربة الموجود في التربة وكذلك تطبيقه خارجياً يعزز التوافر البيولوجي للزنك إلى النباتات في التربة. وهكذا، فإن فهم توزع الزنك بين مختلف مجموعات التربة سوف يساعد على وصف كيمياء الزنك في التربة وربما توافره للامتصاص من قبل النبات،ولذلك هدفت الدراسة إلى :

دراسة تأثير إضافة حمض الستريك وكبريتات الزنك والمزيج منهما في مؤشرات النمو وامتصاص الزنك في المحاصيل المزروعة.

3-المواد وطرائق العمل:

تم العمل على عينات تربة من منطقة السفيرة، وذلك لتنفيذ التجربة.

الجدول (1): يبين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المدروسة

التحليل الميكانيكي %			تحليل المجمعات %			pH		$CaCO_3$ %		OM %	P ملغ/كغ	الحديد ملغ/كغ		CEC مليمكافئ/100غ تربة
الرمل	السلت	الطين	الرمل	السلت	الطين	H_2O	KCl	الكلية	الفعالة			Fe_0	Fe_d	
27	30	43	95	4.75	0.25	8.2	7.2	14.3	4.2	0.5	4.52	450	5200	42.75

أجريت تجربة الأصص باستخدام أصص سعة (8 كغ) لزراعة المحاصيل المدروسة والتي هي: العدس والذرة الصفراء باستخدام مستوين من حمض الستريك 0% (C1) و 0.5 ملغ/100 غ (C2) من وزن التربة، ومستويين من الزنك: بدون إضافة (Zn0) وإضافة الزنك (Zn1) (بتركيز 8 ملغ Zn/كغ تربة كـ $ZnSO_4$)، تم زراعة المحاصيل المدروسة كلاً حسب موعد زراعته،وأخذت مرحلتي نمو وهما مرحلة الإزهار ومرحلة النضج،تم استخدام التصميم العشوائي لتصميم التجربة،كما تم ري النباتات عند 70% من السعة الحقلية. تم أخذ العينات من التربة في نهاية كل مرحلة، أجريت عملية تحليل المجموعات المختلفة للزنك بالاستخلاص المتعاقب، إلى جانب تحليل المجموع الخضري والجذري والحبوب من محتواها من الزنك، وبعض القراءات المحصولية المرتبطة بالغلة (وزن المادة الجافة للمجموع الخضري والجذري للنبات الواحد، وزن الحبوب للنبات الواحد).تم إجراء التحليل الإحصائي باستخدام برنامج Genstat V. 12.

4-النتائج والمناقشة:

4-1-الوزن الجاف للمجموع الجذري والخضري لنبات العدس:

يعتبر تركيز الزنك بين 10-20 ملغ/كغ من حدود النقص في النبات حسب[31].أما تركيز الزنك في حبوب المحاصيل في باقي المعاملات، فكان عند الحدود الطبيعية، وكان أفضلها في معاملة المزيج، وهذا يتوافق مع[32].

الجدول 2يبين: متوسط الوزن الجاف غ/أصيص للمجموع الجذري والخضري لنبات العدس في مراحله المختلفة.

المعاملات	مراحل النمو				المتوسط	
	الإزهار		النضج			
	المجموع الجذري	المجموع الخضري	المجموع الجذري	المجموع الخضري	المجموع الجذري	المجموع الخضري
ماء مقطر	1.2925	8.525	1.4375	11.338	1.365d	9.931c
حمض الستريك	1.3775	12.663	1.6625	17.855	1.52c	15.259b
كبريتات الزنك	1.4	12.18	1.8425	17.903	1.6213b	15.041b
حمض الستريك وكبريتات الزنك	1.4625	14.423	2.07	20.338	1.7663a	17.38a
المتوسط	1.3831b	11.948b	1.7531a	16.858a		
المؤشرات الإحصائية						
		المعاملات	مراحل النمو	المعاملات*مراحل النمو		
المجموع الجذري	F pr.	<0.001	<0.001	<0.001		
	L.S.D	0.07229	0.0392	0.08566		
	C.V %	3.2				
المجموع الخضري	F pr.	<0.001	<0.001	<0.001		
	L.S.D	0.3429	0.1683	0.3937		
	C.V %	1.5				

يلاحظ من الجدول 2، وجود فروق معنوية جدا بين المعاملات $p<0.001$، حيث كان متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري لنبات العدس 1.365 غ/أصيص في معاملة الشاهد، وفي معاملة حمض الستريك ارتفع الوزن إلى 1.52 غ/أصيص متفوقة على معاملة الشاهد، بزيادة قدرها 11.36%. وفي معاملة كبريتات الزنك ارتفع الوزن إلى 1.6213 غ/أصيص متفوقة بذلك على المعاملتين السابقتين، بزيادة قدرها 18.78% عن معاملة الشاهد. بينما في معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات

الزنك ارتفع الوزن إلى 1.7663 غ/أصيص متفوقة بذلك على جميع المعاملات، بزيادة قدرها 29.40% عن معاملة الشاهد. وهذا يعود للأسباب التي ذكرت في تجربة التحضين[33].

كما يلاحظ من الجدول 2، وجود فروق معنوية جدا بين مراحل النمو $p<0.001$، حيث كان متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري لنبات العدس 1.3831 غ/أصيص عند بداية الإزهار، وفي نهاية مرحلة النضج ارتفع الوزن إلى 1.7531 غ/أصيص متفوقة على المرحلة السابقة، بزيادة قدرها 26.75%، وهذا طبيعي بسبب نموالنبات[34].

كذلك يلاحظ من الجدول 2، وجود فروق معنوية جدا بين التأثير المشترك للمعاملات مع مراحل النمو $p<0.001$، وكانت معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك متفوقة على جميع المعاملات بمتوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري لنبات العدس 2.07 غ/أصيص، بزيادة قدرها 44% عن معاملة الشاهد، تلتها معاملة كبريتات الزنك التي تفوقت على معاملتي حمض الستريك والشاهد بمتوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري لنبات العدس 1.8425 غ/أصيص، بزيادة قدرها 28.17% عن معاملة الشاهد، تلتها معاملة حمض الستريك التي تفوقت على معاملة الشاهد بمتوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري لنبات العدس 1.6625 غ/أصيص، بزيادة قدرها 15.65% عن معاملة الشاهد. بينما كان متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري لنبات العدس 1.4375 غ/أصيص في معاملة الشاهد.أما بالنسبة للوزن الجاف للمجموع الخضري لنبات العدس، فيلاحظ من الجدول 2، وجود فروق معنوية جدا بين المعاملات $p<0.001$، حيث كان متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري لنبات العدس 9.931 غ/أصيص في معاملة الشاهد، وفي معاملتي كبريتات الزنك وحمض الستريك ارتفع الوزن إلى 15.041 و 15.259 غ/أصيص، بزيادة قدرها 51.46 و 53.65% على التوالي، متفوقتين على معاملة الشاهد، بينما في معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك ارتفع الوزن إلى 17.38 غ/أصيص متفوقة بذلك على جميع المعاملات، بزيادة قدرها 75.01% عن معاملة الشاهد. وهذا يعود

للأسباب التي ذكرت في تجربة التحضين[33].كما يلاحظ من الجدول 2، وجود فروق معنوية جدا بين مراحل النمو $p<0.001$، حيث كان متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري لنبات العدس 11.948 غ/أصيص عند بداية الإزهار، وفي نهاية مرحلة النضج ارتفع الوزن إلى 16.858 غ/أصيص متفوقة على المرحلة السابقة، بزيادة قدرها 41.09%، وهذا طبيعي بسبب نمو النبات[34].كذلك يلاحظ من الجدول 2، وجود فروق معنوية جدا بين التأثير المشترك للمعاملات مع مراحل النمو $p<0.001$، وكانت معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك متفوقة على جميع المعاملات بمتوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري لنبات العدس 20.338 غ/أصيص، بزيادة قدرها 79.38% عن معاملة الشاهد، تلتها معاملتي كبريتات الزنك وحمض الستريك اللتين تفوقتا على معاملة الشاهد بمتوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري لنبات العدس 17.903 و 17.855 غ/أصيص، بزيادة قدرها 57.90 و 57.48% عن معاملة الشاهد.

4-2-الوزن الجاف للمجموع الجذري والخضري لنبات الذرة:

يعرض في الجدول 3، متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري والخضري لنبات الذرة في مراحله المختلفة والدراسة الاحصائية.يلاحظ من الجدول 3، وجود فروق معنوية جدا بين المعاملات $p<0.001$، حيث كان متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري لنبات الذرة 3.981 غ/أصيص في معاملة الشاهد، وفي معاملة حمض الستريك ارتفع الوزن إلى 5.151 غ/أصيص متفوقة على معاملة الشاهد، بزيادة قدرها 29.39%. وفي معاملة كبريتات الزنك ارتفع الوزن إلى 6.075 غ/أصيص متفوقة بذلك على المعاملتين السابقتين، بزيادة قدرها 52.60% عن معاملة الشاهد. بينما في معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك ارتفع الوزن إلى 7.218 غ/أصيص متفوقة بذلك على جميع المعاملات، بزيادة قدرها 81.31% عن معاملة الشاهد.

الجدول 3: متوسط الوزن الجاف غ/أصيص للمجموع الجذري والخضري لنبات الذرة في مراحله المختلفة.

المعاملات	مراحل النمو				المتوسط	
	الإزهار		النضج			
	المجموع الجذري	المجموع الخضري	المجموع الجذري	المجموع الخضري	المجموع الجذري	المجموع الخضري
ماء مقطر	3.155	15.51	4.808	19.32	3.981d	17.41d
حمض الستريك	4.793	19.6	5.51	23.35	5.151c	21.47c
كبريتات الزنك	5.585	22.72	6.565	27.16	6.075b	24.94b
حمض الستريك وكبريتات الزنك	6.323	26.72	8.113	31.51	7.218a	29.11a
المتوسط	4.964 b	21.14b	6.249a	25.33a		
المؤشرات الإحصائية						
		المعاملات	مراحل النمو	المعاملات*مراحل النمو		
المجموع الجذري	**F pr.**	<0.001	<0.001	0.043		
	L.S.D	0.5487	0.2931	0.6469		
	C.V %	6.8				
المجموع الخضري	**F pr.**	<0.001	<0.001	0.546ns		
	L.S.D	0.652	0.639	1.053		
	C.V %	3.6				

كما يلاحظ من الجدول 3، وجود فروق معنوية جدا بين مراحل النمو $p<0.001$، حيث كان متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري لنبات الذرة 4.964 غ/أصيص عند بداية الإزهار، وفي نهاية مرحلة النضج ارتفع الوزن إلى 6.249 غ/أصيص متفوقة على المرحلة السابقة، بزيادة قدرها 25.89%، وهذا طبيعي بسبب نمو وتطور النبات[34].

كذلك يلاحظ من الجدول 3، وجود فروق معنوية بين التأثير المشترك للمعاملات مع مراحل النمو $p<0.05$، وكانت معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك متفوقة على جميع المعاملات بمتوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري لنبات الذرة 8.113 غ/أصيص، بزيادة قدرها 68.74% عن معاملة الشاهد، تلتها

معاملة كبريتات الزنك التي تفوقت على معاملتي حمض الستريك والشاهد بمتوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري لنبات الذرة 6.565 غ/أصيص، بزيادة قدرها 36.54% عن معاملة الشاهد، تلتها معاملة حمض الستريك التي تفوقت على معاملة الشاهد بمتوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري لنبات الذرة 5.51 غ/أصيص، بزيادة قدرها 14.60% عن معاملة الشاهد. بينما كان متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري لنبات الذرة 4.808 غ/أصيص في معاملة الشاهد.أما بالنسبة للوزن الجاف للمجموع الخضري لنبات الذرة، فيلاحظ من الجدول 3، وجود فروق معنوية جدا بين المعاملات $p<0.001$، حيث كان متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري لنبات الذرة 17.41 غ/أصيص في معاملة الشاهد، وفي معاملة حمض الستريك ارتفع الوزن إلى 21.47 غ/أصيص، بزيادة قدرها 23.32%، متفوقة على معاملة الشاهد، وفي معاملة كبريتات الزنك ارتفع الوزن إلى 24.94 غ/أصيص، بزيادة قدرها 43.25% عن معاملة الشاهد،متفوقة على المعاملتين السابقتين، بينما في معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك ارتفع الوزن إلى29.11 غ/أصيص متفوقة بذلك على جميع المعاملات،بزيادة قدرها 67.20%عن معاملة الشاهد.كما يلاحظ من الجدول 3، وجود فروق معنوية جدا بين مراحل النمو $p<0.001$، حيث كان متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري لنبات الذرة 21.14 غ/أصيص عند بداية الإزهار، وفي نهاية مرحلة النضج ارتفع الوزن إلى 25.33 غ/أصيص متفوقة على المرحلة السابقة، بزيادة قدرها 19.82%، وهذا طبيعي بسبب نمو النبات[34].

4-3-تركيز الزنك في المجموع الجذري والخضري لنبات العدس:

الجدول 4: متوسط تركيز الزنك ملغ/كغ في المجموع الجذري والخضري لنبات العدس في مراحله المختلفة .

المعاملات	مراحل النمو				المتوسط	
	النضج		الإزهار			
	المجموع الخضري	المجموع الجذري	المجموع الخضري	المجموع الجذري	المجموع الخضري	المجموع الجذري
ماء مقطر	20.2	11.4	16.24	9	18.22c	10.2d
حمض الستريك	24.2	15.6	20.6	11.6	22.4c	13.6c
كبريتات الزنك	32.8	13.4	23.1	16.6	27.95b	15b

حمض الستريك وكبريتات الزنك	17.2	34.2	16.4	33.4	16.8a	33.8a
المتوسط	13.6b	23.535b	14.2a	27.65a		
المؤشرات الإحصائية						
		المعاملات	مراحل النمو	المعاملات*مراحل النمو		
المجموع الجذري	**F pr.**	<0.001	0.005	<0.001		
	L.S.D	0.4109	0.2945	0.468		
	C.V %	2.5				
المجموع الخضري	**F pr.**	<0.001	<0.001	<0.001		
	L.S.D	0.3455	0.1310	0.3248		
	C.V %	0.6				

يلاحظ من الجدول 4، وجود فروق معنوية جدا بين المعاملات $p<0.001$، حيث كان متوسط تركيز الزنك في المجموع الجذري لنبات العدس 10.2 ملغ/كغ في معاملة الشاهد، وفي معاملة حمض الستريك ارتفع التركيز إلى 13.6 ملغ/كغ متفوقة على معاملة الشاهد، بزيادة قدرها 33.33%. وفي معاملة كبريتات الزنك ارتفع التركيز إلى 15 ملغ/كغ متفوقة بذلك على المعاملتين السابقتين، بزيادة قدرها 47.06% عن معاملة الشاهد. بينما في معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك ارتفع التركيز إلى 16.8 ملغ/كغ متفوقة بذلك على جميع المعاملات، بزيادة قدرها 64.71% عن معاملة الشاهد.كما يلاحظ من الجدول 4، وجود فروق معنوية جدا بين مراحل النمو $p<0.01$، حيث كان متوسط تركيز الزنك في المجموع الجذري لنبات العدس 13.6 ملغ/كغ عند بداية الإزهار، وفي نهاية مرحلة النضج ارتفع التركيز إلى 14.2 ملغ/كغ متفوقة على المرحلة السابقة، بزيادة قدرها 4.41%، وهذا طبيعي بسبب نمو وتطور النبات[34].كذلك يلاحظ من الجدول 4، وجود فروق معنوية جدا بين التأثير المشترك للمعاملات مع مراحل النمو $p<0.001$، وكانت معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك متفوقة على جميع المعاملات بمتوسط تركيز الزنك في المجموع الجذري لنبات العدس 16.4 ملغ/كغ، بزيادة قدرها 43.86% عن معاملة الشاهد، تلتها معاملة حمض الستريك التي تفوقت على

معاملتي كبريتات الزنك والشاهد بمتوسط تركيز الزنك في المجموع الجذري لنبات العدس 15.6 ملغ/كغ، بزيادة قدرها 36.84% عن معاملة الشاهد، تلتها معاملة كبريتات الزنك التي تفوقت على معاملة الشاهد بمتوسط تركيز الزنك في المجموع الجذري لنبات العدس 13.4 ملغ/كغ، بزيادة قدرها 17.54% عن معاملة الشاهد. بينما كان متوسط تركيز الزنك في المجموع الجذري لنبات العدس 11.4 ملغ/كغ في معاملة الشاهد.أما بالنسبة لتركيز الزنك في المجموع الخضري لنبات العدس، فيلاحظ من الجدول 4، وجود فروق معنوية جدا بين المعاملات $p<0.001$، حيث كان متوسط تركيز الزنك في المجموع الخضري لنبات العدس 18.22 ملغ/كغ في معاملة الشاهد، وفي معاملة حمض الستريك ارتفع التركيز إلى 22.4 ملغ/كغ متفوقة على معاملة الشاهد، بزيادة قدرها 22.94%. وفي معاملة كبريتات الزنك ارتفع التركيز إلى 27.95 ملغ/كغ متفوقة بذلك على المعاملتين السابقتين، بزيادة قدرها53.40% عن معاملة الشاهد. بينما في معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك ارتفع التركيز إلى 33.8 ملغ/كغ متفوقة بذلك على جميع المعاملات،بزيادة قدرها85.51% عن معاملة الشاهد. كما يلاحظ من الجدول 4، وجود فروق معنوية جدا بين مراحل النمو $p<0.001$، حيث كان متوسط تركيز الزنك في المجموع الخضري لنبات العدس 23.535 ملغ/كغ عند بداية الإزهار، وفي نهاية مرحلة النضج ارتفع الوزن إلى 27.65 ملغ/كغ متفوقة على المرحلة السابقة، بزيادة قدرها 17.48%، وهذا طبيعي بسبب نمو وتطور النبات[34].كذلك يلاحظ من الجدول 4، وجود فروق معنوية جدا بين التأثير المشترك للمعاملات مع مراحل النمو $p<0.001$، وكانت معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك متفوقة على جميع المعاملات بمتوسط تركيز الزنك في المجموع الخضري لنبات العدس 33.4 ملغ/كغ، بزيادة قدرها 65.35% عن معاملة الشاهد، تلتها معاملة كبريتات الزنك التي تفوقت على معاملتي حمض الستريك والشاهد بمتوسط تركيز الزنك في المجموع الخضري لنبات العدس 32.8 ملغ/كغ، بزيادة قدرها 62.38% عن معاملة الشاهد، تلتها معاملة حمض الستريك التي تفوقت على معاملة الشاهد بمتوسط تركيز الزنك في المجموع الخضري لنبات العدس 24.2

ملغ/كغ، بزيادة قدرها 19.80% عن معاملة الشاهد، بينما كان متوسط تركيز الزنك في المجموع الخضري لنبات العدس 20.2 ملغ/كغ في معاملة الشاهد.

4-4-تركيز الزنك في المجموع الجذري والخضري لنبات الذرة الصفراء:

الجدول 5: متوسط تركيز الزنك ملغ/كغ في المجموع الجذري والخضري لنبات الذرة في مراحله المختلفة.

المعاملات	مراحل النمو				المتوسط	
	الإزهار		النضج			
	المجموع الجذري	المجموع الخضري	المجموع الجذري	المجموع الخضري	المجموع الجذري	المجموع الخضري
ماء مقطر	10	15	13	16	11.5b	15.5d
حمض الستريك	13	20	15	20	14b	20.25c
كبريتات الزنك	17	24	23	28	20a	26b
حمض الستريك وكبريتات الزنك	19	32	28	35	23.5a	33.5a
المتوسط	14.75 b	22.88b	19.75a	24.75a		
المؤشرات الإحصائية						
		المعاملات	مراحل النمو	المعاملات*مراحل النمو		
المجموع الجذري	F pr.	0.006	<0.001	0.009		
	L.S.D	3.718	1.041	3.487		
	C.V %	15.9				
المجموع الخضري	F pr.	<0.001	0.038	0.18ns		
	L.S.D	1.299	1.7	2.383		
	C.V %	10.4				

يلاحظ من الجدول 5، وجود فروق معنوية جدا بين المعاملات $p<0.01$، حيث كان متوسط تركيز الزنك في المجموع الجذري لنبات الذرة 11.5 ملغ/كغ في معاملة الشاهد، وفي معاملة حمض الستريك ارتفع التركيز إلى 14 ملغ/كغ بفرق غير معنوي على معاملة الشاهد، بزيادة قدرها 21.74%. وفي معاملتي كبريتات الزنك والمزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك ارتفع التركيز إلى20 و 23.5 ملغ/كغ متفوقتين بذلك على المعاملتين السابقتين،بزيادة قدرها 73.91و104.35% عن معاملة

الشاهد.

كما يلاحظ من الجدول 5، وجود فروق معنوية جدا بين مراحل النمو $p<0.001$، حيث كان متوسط تركيز الزنك في المجموع الجذري لنبات الذرة 14.75 ملغ/كغ عند بداية الإزهار، وفي نهاية مرحلة النضج ارتفع التركيز إلى 19.75 ملغ/كغ متفوقة على المرحلة السابقة، بزيادة قدرها 32.20%، وهذا طبيعي بسبب نمو وتطور النبات[34].

كذلك يلاحظ من الجدول 5، وجود فروق معنوية جدا بين التأثير المشترك للمعاملات مع مراحل النمو $p<0.01$، وكانت معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك متفوقة على جميع المعاملات بمتوسط تركيز الزنك في المجموع الجذري لنبات الذرة 35 ملغ/كغ، بزيادة قدرها 118.75% عن معاملة الشاهدبينما كان متوسط تركيز الزنك في المجموع الجذري لنبات الذرة 16 ملغ/كغ في معاملة الشاهد.أما بالنسبة لتركيز الزنك في المجموع الخضري لنبات الذرة، فيلاحظ من الجدول 5، وجود فروق معنوية جدا بين المعاملات $p<0.001$، حيث كان متوسط تركيز الزنك في المجموع الخضري لنبات الذرة 15.5 ملغ/كغ في معاملة الشاهد، وفي معاملة حمض الستريك ارتفع التركيز إلى 20.25 ملغ/كغ متفوقة على معاملة الشاهد، بزيادة قدرها 30.65%. وفي معاملة كبريتات الزنك ارتفع التركيز إلى 26 ملغ/كغ متفوقة بذلك على المعاملتين السابقتين، بزيادة قدرها 67.74% عن معاملة الشاهد. بينما في معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك ارتفع التركيز إلى 33.5 ملغ/كغ متفوقة بذلك على جميع المعاملات، بزيادة قدرها 116.13% عن معاملة الشاهد. كما يلاحظ من الجدول 5، وجود فروق معنوية بين مراحل النمو $p<0.05$، حيث كان متوسط تركيز الزنك في المجموع الخضري لنبات الذرة 22.88 ملغ/كغ عند بداية الإزهار، وفي نهاية مرحلة النضج ارتفع الوزن إلى 24.75 ملغ/كغ متفوقة على المرحلة السابقة، بزيادة قدرها 8.17%، وهذا طبيعي بسبب نموالنبات[34].بينما يلاحظ من الجدول 5، عدم وجود فروق معنوية بين التأثير المشترك للمعاملات مع مراحل النمو.

4-5-وزن الحبوب في المحاصيل المزروعة:

الجدول يبين 6: وزن الحبوب غ/أصيص في المحاصيل المزروعة حسب المعاملات المختلفة.

المعاملات	عدس	ذرة صفراء
ماء مقطر	3.228c	11.13c
حمض الستريك	5.55b	16.75b
كبريتات الزنك	5.585b	17.52b
حمض الستريك وكبريتات الزنك	6.755a	21.8a
F pr.	<0.001	<0.001
L.S.D	0.4428	0.818
C.V %	5.4	3.2

يلاحظ من الجدول 6، وجود فروق معنوية جدا بين المعاملات $p<0.001$، حيث كان متوسط وزن الحبوب في العدس 3.228 غ/أصيص في معاملة الشاهد، وفي معاملتي حمض الستريك وكبريتات الزنك ارتفع الوزن إلى 5.55 و 5.585 غ/أصيص متفوقتين على معاملة الشاهد، بزيادة قدرها 71.93 و 73.02%. بينما في معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك ارتفع الوزن إلى6.755 غ/أصيص متفوقة بذلك على جميع المعاملات، بزيادة قدرها 109.26% عن معاملة الشاهد.كما يلاحظ من الجدول 6، وجود فروق معنوية جدا بين المعاملات $p<0.001$، حيث كان متوسط وزن الحبوب في الذرة بعد العدس 16.46 غ/أصيص في معاملة الشاهد، وفي معاملة حمض الستريك ارتفع الوزن إلى 21.64 غ/أصيص متفوقة على معاملة الشاهد، بزيادة قدرها 31.47%. وفي معاملة كبريتات الزنك ارتفع الوزن إلى 24.79 غ/أصيص متفوقة على المعاملتين السابقتين، بزيادة قدرها 50.61% عن معاملة الشاهد. بينما في معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك ارتفع الوزن إلى 27.72 غ/أصيص متفوقة بذلك على جميع المعاملات، بزيادة قدرها 68.41% عن معاملة الشاهد. وهذا يعود للأسباب التي ذكرت في تجربة التحضين[33].كما يلاحظ من الجدول 6، وجود فروق معنوية جدا بين المعاملات $p<0.001$، حيث كان متوسط وزن الحبوب في الذرة 11.13 غ/أصيص في معاملة الشاهد، وفي معاملتي حمض الستريك وكبريتات الزنك ارتفع الوزن إلى 16.75 و 17.52 غ/أصيص متفوقتين على معاملة الشاهد، بزيادة قدرها 50.49 و 57.41%. بينما في معاملة

المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك ارتفع الوزن إلى 21.8 غ/أصيص متفوقة بذلك على جميع المعاملات، بزيادة قدرها 95.87% عن معاملة الشاهد.

4-6-تركيز الزنك في الحبوب في المحاصيل المزروعة:

الجدول7يبين: تركيز الزنك في الحبوب ملغ/كغ في المحاصيل المزروعة حسب المعاملات المختلفة.

المعاملات	عدس	ذرة صفراء
ماء مقطر	19.4d	20d
حمض الستريك	27.6c	29c
كبريتات الزنك	34b	32b
حمض الستريك وكبريتات الزنك	45a	43a
F pr.	<0.001	<0.001
L.S.D	4.009	5.194
C.V %	4.6	6

يلاحظ من الجدول7، وجود فروق معنوية جدا بين المعاملات $p<0.001$، حيث كان متوسط تركيز الزنك في حبوب العدس 19.4 ملغ/كغ في معاملة الشاهد، وفي معاملة حمض الستريك ارتفع التركيز إلى 27.6 ملغ/كغ متفوقة على معاملة الشاهد، بزيادة قدرها 42.27%. وفي معاملة كبريتات الزنك ارتفع التركيز إلى 34 ملغ/كغ متفوقة على المعاملتين السابقتين، بزيادة قدرها 75.26% عن معاملة الشاهد. بينما في معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك ارتفع التركيز إلى 45 ملغ/كغ متفوقة بذلك على جميع المعاملات، بزيادة قدرها 131.96% عن معاملة الشاهد. كما يلاحظ من الجدول 7، وجود فروق معنوية جدا بين المعاملات $p<0.001$، حيث كان متوسط تركيز الزنك في حبوب الذرة 20 ملغ/كغ في معاملة الشاهد، وفي معاملة حمض الستريك ارتفع التركيز إلى 29 ملغ/كغ متفوقة على معاملة الشاهد، بزيادة قدرها 45%. وفي معاملة كبريتات الزنك ارتفع التركيز إلى 32 ملغ/كغ متفوقة على المعاملتين السابقتين، بزيادة قدرها 60% عن معاملة الشاهد. بينما في معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك ارتفع التركيز إلى 43 ملغ/كغ متفوقة بذلك على جميع المعاملات، بزيادة قدرها 115% عن معاملة الشاهد.

4-7-تأثير امتصاص المحاصيل المزروعة في إعادة توزيع مجموعات الزنك المختلفة في التربة في المعاملات المختلفة:

الجدول 8 يبين: تركيز مجموعات الزنك المختلفة ملغ/كغ في المعاملات المختلفة عند زراعة العدس.

مراحل النمو	المعاملات	الذواب	المتبادل	المرتبط بالكربونات	المرتبط بالأكاسيد	المرتبط عضوياً	المتبقي
مرحلة الإزهار	شاهد	0.065	0.3	9.5	1.35	4.4	172
	حمض الستريك	0.175	0.55	7.75	1.08	4.95	175
	كبريتات الزنك	0.25	0.75	11.35	1.5	4.55	175
	حمض الستريك وكبريتات الزنك	0.3	0.9	8.25	1.65	5.01	173
مرحلة النضج	شاهد	0.025	0.15	8.51	1.51	4.1	175
	حمض الستريك	0.051	0.45	4.85	1.25	4.8	173
	كبريتات الزنك	0.075	0.65	6.65	1.47	4.4	174
	حمض الستريك وكبريتات الزنك	0.101	0.75	3.75	1.55	4.75	172

يلاحظ من الجدول 8، في مرحلة الإزهار ، في معاملتي الشاهد وحمض الستريك، أن مجموعات الزنك القابل للذوبان والقابل للتبادل والمرتبط عضويا والمرتبط بالأكاسيد بقيت على حالها تقريبا. أما مجموعة الزنك المرتبط بالكربونات، فقد انخفضت حوالي 15.41 و 26.54% على التوالي. كما يلاحظ في معاملة كبريتات الزنك، أن مجموعات الزنك قد انخفضت حوالي 66.67 و 48.63 و 4.41 و 31.51 و 6.66% على التوالي. كذلك يلاحظ في معاملة المزيج، أن مجموعات الزنك قد انخفضت حوالي 68.62 و 39.60 و 5.83 و 6.25 و 29.97% على التوالي[35]. بينما في مرحلة النضج، يلاحظ في معاملتي الشاهد وحمض الستريك، أن مجموعات الزنك القابل للذوبان والقابل للتبادل والمرتبط عضويا والمرتبط بالأكاسيد بقيت على حالها تقريبا. أما مجموعة الزنك المرتبط بالكربونات، فقد انخفضت حوالي 26.19 و 54.80% على التوالي.كما يلاحظ في معاملة كبريتات الزنك، أن مجموعات الزنك قد انخفضت حوالي 34.21 و 4.44 و 0.45و 45.35و 48.57 على التوالي.كذلك يلاحظ في معاملة المزيج، أن مجموعات الزنك قد انخفضت حوالي 56.47 و 38.02 و 4.81 4.04 و 0.02% على التوالي. وهذا الكلام الذي ذكر سابقاً ينطبق على محصول الذرة الصفراء ، حيث أن مجموعة الزنك المرتبط

بالكربونات في إمداد النبات بالزنك، بينما مجموعة الزنك المرتبط بأكاسيد الحديد والمغنيز لم تشارك في إمداد الزنك للنبات.

مناقشة:

بشكل عام، كانت معاملة المزيج من حمض الستريك وكبريتات الزنك هي الأفضل بين المعاملات بالنسبة لمؤشرات النمو في المحاصيل المزروعة، وذلك بسبب فعالية حمض الستريك بما يمتلكه من التأثير الحمضي لأيونات الهيدروجين من جهة والتأثير للجذر العضوي (السترات) من جهة أخرى، وبسبب فعالية كبريتات الزنك وتأثيرها الحمضي أيضا نتيجة الحلمهة من جهة وأيونات الزنك من جهة أخرى، كما يلاحظ أن مجموعة الزنك المرتبطة بالأكاسيد لم تشارك في إمداد نباتات المحاصيل المزروعة بالزنك، بينما يلاحظ أن مجموعة الزنك المرتبط بالكربونات قد شاركت في إمداد النباتات بالزنك، بالإضافة إلى مجموعات الزنك القابل للذوبان والقابل للتبادل والمرتبط عضويا. كذلك لابد من الإشارة إلى أن تركيز الزنك في حبوب المحاصيل، كان أقل من الحد الطبيعي في معاملة الشاهد.

المراجع

1. McCall, K.A., C. Huang and A.F. Carol, 2000. Function and mechanism of zinc metalloenzymes. *J. Nut.*, 130: 1437–1446
2. Nielsen, D. R., Van Genuchten, M. Th., and Biggar, J. W. 1986: Water flow and solute transport processes in the unsaturated zone, Water Resour. Res., 22, 89S–108S.
3. Vittal, K.P.R., Reddy, K.C.K. and Reddy, M.N. (1988). Relative contributions of soil Zn pools to its uptake by maize, wheat, and extraction by dithizone and DTPA in mollisols. Journal of the Indian Society of Soil Science, 36: 481-486.
4. Cakmak I, Yilmaz A, Kalayci M, Ekiz H, Torun B, Erenoglu B, Braun HJ. 1996. Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in Central Anatolia. *Plant and Soil* 108: 165±172.
5. Sakal, R. (2001). Efficient management of micronutrients for sustainable crop production: 12th Dr.S.P.Raychaudhuri memorial lecture. Journal of the Indian Society of Soil Science, 49 (4): 593 – 608.
6. Alloway BJ 2009: Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. Environ. Geochem. Health, 31, 537–548.

7. Gibson RS 2006: Zinc: the missing link in combating micronutrient malnutrition in developing countries. Proc. Nutr. Soc., 65, 51–60.
8. Cakmak I 2008: Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification. Plant Soil, 302, 1–17.
9. Graham RD, Welch RM, Bouis HE 2001: Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowledge gaps. Adv. Agron., 70, 77–142.
10. Mahapatra, I.C., Goswami, M.M., Raheju, S.K. and Leelavathi, C.R. (1970).Annual Workshop of ICAR co ordinated scheme on micronutrient in soils. Punjab Agricultural University, Ludhiana.
11. Kanwar, J.S. and Joshi, M.D. (1964). Zinc deficiency in reddish clay tea soils of Punjab. Indian Journal of Agronomy, 9 : 100 – 103.
12. Randhawa, N.S., et al. (1969). Annual Progress report of the Department of Soils. 1968- 1969. Punjab Agricultural University, Hissar.
13. Malligaward, L.H., Kudusomammavur, B.T., Hunshai, C.S and Somasekharan, K. (1987). Influence of P, Fe and Zn on forage yield and uptake of nutrients by lucerne. Journal of Maharashtra Agricultural University, 12: 343 – 346.
14. Tiwari, K.N. and Dwivedi, B.S. (1993). Fertilizer Zn demands of corn as influenced by native Zn supply in Udic Ustochrepts of Uttar Pradesh. Journal of the Indian Society of Soil Science, 41: 793-796.
15. Swarup, A. (1980). Effect of submergence and farmyard manure application on the yield and nutrition of rice and sodic soil reclamation. Journal of the Indian Society of Soil Science, 28 : 532-534.
16. Abdul Salam, M. and Subramaniam, S. (1988). Influence of Nitrogen, Zinc and their interaction on the yield and nutrient uptake of ‘IR 20’ rice (Oryza sativa) in different seasons. Indian Journal of Agricultural Sciences, 58 (3):190 – 93.
17. Adriano, D.C. (1986). Zinc. In: Trace Elements in Terrestrial Environments. (Ed.D.C.Adriano). Springer Verlag, New York, pp. 421- 460.
18. Mandal, B., G.C. Hazra and A.K. Pal, 1988. Transformation of zinc in soils under submerged condition and its relation with zinc nutrition of rice. *Plant soil*, 106: 121–126
19. Graham RD, Welch RM, Bouis HE 2001: Addressing

micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowledge gaps. Adv. Agron., 70, 77–142.
20. Khoshgoftarmanesh AH, Schulin R, Chaney RL, Daneshbakhsh B, Afyuni M 2010: Micronutrient-efficient genotypes for crop yield and nutritional quality in sustainable agriculture. A review. Agron. Sustain. Dev., 30, 83–107.
21. Soltani S, Khoshgoftarmanesh AH, Afyuni M, Shrivani M, Schulin R 2013: The effect of preceding crop on wheat grain zinc concentration and its relationship to total amino acids and dissolved organic carbon in rhizosphere soil solution. Biol. Fertil. Soils, 50, 239–247.
22. Li JX, Yang XE, He ZL, Jilani G, Sun CY, Chen SM 2007: Fractionation of lead in paddy soils and its bioavailability to rice plants. Geoderma, 141, 174–180.
23. Alloway, B.J., 2008. *Zinc in soils and crop nutrition*. International zinc Association and International Fertilizer Industry Association. Brussels, Belgium and Paris, France, pp: 130
24. Hotz, C., and K.H. Brown, 2004. Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. International nutrition foundation: for UNU
25. Cakmak I 2008: Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification. Plant Soil, 302, 1–17.
26. Alloway BJ 2009: Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. Environ. Geochem. Health, 31, 537–548.
27. Duffner A., E. Hoffland and E. J. M. Temminghoff. 2012. Bioavailability of zinc and phosphorus in calcareous soils as affected by citrate exudation. Plant Soil 361: 165-175.
28. Sidhu, G.S., and B.D. Sharma, 2010. Diethylenetriaminepentaacetic acid– extractable micronutrients status in soil under a rice–wheat system and their relationship with soil properties in different agroclimatic zones of indo-gangetic plains of India. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 41: 29–51
29. Hart, J. J., Norvell, W. A., Welch, R. M., Sullivan, L. A., & Kochian L. V. (1998). Characterization of zinc uptake, binding, and translocation of bread and durum wheat cultivars. *Plant Physiol*ogy, *118*, 219-226.
30. Kabata-Pendias, A. (2001). *Trace elements in soils and plants* (3rd ed.). CRC Press, Boca Raton, Fl. 413.
31. Nand Kumar Fageria, Virupax C. Baligar, Charies Allan Jones,

2011: Growth and mineral nutrition of field crops. Third edition. CRC Press, Taylor and Francis group.

32. Gibson RS 2006: Zinc: the missing link in combating micronutrient malnutrition in developing countries. Proc. Nutr. Soc., 65, 51–60.

33. علولو، منار. القدور، محمد باهر. خورشيد، عبد الغني. شمس الدين شعبان، أحمد. **تأثير بعض خصائص التربة في حركية وتوزع مجموعات الزنك الأصلي في التـــرب الجيريـــة**.سلسـلة العلـوم الزراعية.مجلـة بحـوث جامعـة حلـب. العدد135العام 2019

34. Reyhanitabar, A. and Gilkes, R.J. (2010). Kinetics of DTPA extraction of zinc from calcareous soils from Iran. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia, pp. 19-22.

35. Zheng, H., Z. Wang, X. Deng, J. Zhao, Y. Luo, J. Novak, S. Herbert and B. Xing. 2013. Characteristics and nutrient values of biochars produced from giant reed at different temperatures. Bioresource