

تطبيقات التقنية النانوية للمغذيات الصغرى في الانتاج الزراعي (مقالة مرجعية)

حياوي ويوة الجوذري \*

نورالدين شوقي علي \*

استاذ مساعد

استاذ

\*\*كلية الزراعة-جامعة القادسية

\*كلية الزراعة -جامعة بغداد

shawqiali@yahoo.com

hayyawi.aljutheri@qu.edu.iq

المستخلص

تعد المغذيات الصغرى مهمة في الانتاج الزراعي من الناحيتين الكمية والنوعية وصحة الانسان. إذ تشير العديد من الدراسات ان هناك اكثر من 3 بليون شخص في العالم يعاني من نقص المغذيات الصغرى ولاسيما الزنك والحديد وان الاغناء عن طريق إضافة المكملات او الاملاح لا يعد الاسلوب الامثل لحل المشكلة لاسيما في الدول الفقيرة. ولذا تم تبني اسلوب الاغناء الحيوي الطبيعي Biofortification والذي يتضمن في احد اساليبه إضافة هذه المغذيات كأسمدة . ومن المعروف ان المغذيات الصغرى محددة لنمو النبات بشكل رئيس ونوعية المنتج من الناحية التغذوية على الرغم من الكميات القليلة التي تحتاجها المحاصيل بالقياس الى المغذيات الكبرى .وعلى الرغم من توافر مصادر سمادية مختلفة معدنية ومخلبية (تركيبية وطبيعية-عضوية ) لهذه المغذيات وتوافر طرائق إضافة مختلفة (إضافة الى التربة وإضافته رشاً على الاوراق او الاثنان معاً ) الا ان كفاءة استعمال هذه الاسمدة لا تتجاوز 5% من المضاف . وفي الاونة الاخيرة هناك إتجاه لتبني اسمدة مغذيات صغرى مصنعة بالتقنيات النانوية والتي من المؤمل ان تحل جزء من المشكلة الا ان الموضوع لا يزال في بداياته ويتطلب المزيد من الدراسة والتقصي وقبل كل شئى الدعم المالي لدراسته وفهمه بالكامل.

الكلمات المفتاحية:التقنية النانوية، التسميد، كفاءة استعمال اسمدة المغذيات الصغرى ، تقنية المغذيات الصغرى النانوية.

The Iraqi Journal of Agricultural Sciences –984-990: (4) 48/ 2017

Ali & Al-Juthery

THE APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY FOR MICRONUTRIENT IN AGRICULTUREAL PRODUCTION (REVIEW ARTICLE)

N. S. Ali<sup>1</sup>

H. W. A. Al-Juthery<sup>2</sup>.

Prof.

Assist Prof.

<sup>1</sup>College of Agriculture - University of Baghdad <sup>2</sup>College of Agriculture University of Al-Qadisiya

shawqiali@yahoo.com

hayyawi.aljutheri@qu.edu.iq

ABSTRACT

Micronutrients can be considered as one of the main component for high and good quality agricultural products and human health. Many Researchers and Scientists around the world indicated that more than 3 billion person around the world affected by shortage in micronutrients especially Fe and Zn .This problem cannot be solved through food additives at developing poor countries and Biofortification is the only answer through naturally enriched agricultural products with micronutrients. Micronutrients can limit food quality and quantity in spite of the low amounts required by crops compared to macronutrients. Micronutrient are available in different formulas and structures as mineral ,synthetic chelated and organic fertilizers and can be applied either to soil or as foliar or mixed of both .However , fertilizer use efficiency (FUE) or nutrients recovery by plants still  $\leq 5\%$ . Recently the use of nanotechnology for micronutrients in agricultural production being adopted and hope this technology will have an important part in solving the low recovery but the issue at its outsets and still in the need of further understanding ,investigations' and financial support.

Key words; nano technology, fertilization, fertilizer-MN use efficiency, novel technologies for fertilizer micronutrients

## المقدمة

لايزال يشوبه الكثير من الغموض والتي تحتاج الى المزيد من الدراسة والتقصي على الرغم من تطور التقانات الجزيئية والنسجية والهندسة الوراثية وتطور اجهزة القياس ، ومع هذا التطور في مفهوم التقنية النانوية يمكن ان يحل المشكلة او جزءاً منها (24) . التقنية النانوية هي معالجة بارعة للمادة على المستوى الجزيئي او الذري وبشكلٍ عام بحدود اقل من 100 نانومتر. وهذه التقنية تعد واعدة في تحسين العمليات الزراعية الجارية من خلال تحسين الادارة وصيانة وإدامة المدخلات في الانتاج الزراعي الحقلية والحيوانية والسمكية والأبحاث المنفذة في العقدين الاخيرين ركزت حول موضوع نانوية الجزيئات المعدنية - metal nano- particles (NPs) مثل اوكسيد الزنك واوكسيد النحاس والمخليات المعدنية والمغذيات الصغرى بطيئة التحرر(او المسيطر على تحررها ) ولكن النتائج لم تكن متطابقة واحياناً متعكسة ولذا لايزال الموضوع يحتاج الى تعمق اكثر، (24).

## مصادر اسمدة المغذيات الصغرى التجارية : المصادر الرئيسية

هي :-

- المعدنية (غير العضوية ) : املاح كبريتات الزنك والحديد والنحاس والمنغنيز الذائبة بالماء ومزيج من اكاسيد وكبريتات هذه العناصر واكاسيد هذه العناصر والتي تكون اقل جاهزية وذوبانية بالماء من الكبريتات.

-المخليات التركيبية : مثل الـ "EDTA" الـ ethylene di-amine tetra acetic acid التي تتكون من تركيب من النوع الحلقي يربط الزنك والحديد والمنغنيز والنحاس او عناصر معدنية موجبة اخرى ضمن تركيبه. -الاحماض العضوية مثل حامض الستريك (فيتامين C ) ايضاً تستعمل لخلب المغذيات الصغرى والشئ نفسه بالنسبة للأحماض الدبالية (الحامض الهبومي والفولفي ) المستخلصة من المواد والاسمدة العضوية وهذه تكون مصادر للمغذيات الصغرى والكبرى.

- المخليات او المغذيات الصغرى في التراكيب المخلية تكون بشكلٍ عام جاهزة للإمتصاص من جذور النبات لمدة طويلة وتمنع تفاعل الايون المغذي الموجب مع غرويات التربة .

تمتلك الانظمة الزراعية دوراً مهماً في توفير الغذاء وتحسين مصادر العيش والدخل لعدد كبير من الناس ولاسيما في المناطق القروية والارياض التي تصل نسبة المشتغلين في القطاع الزراعي (النباتي والحيواني) الى حدود 80% (رجال ونساء)،(27) . ان اعداد السكان في تزايد وسيتجاوز العدد 9 بليون نسمة في عام 2050 ، (14) وهذه الاعداد تتطلب المزيد من الغذاء من الناحيتين الكمية والنوعية وهذا الانتاج يحتاج الى توفير المتطلبات الغذائية للمحاصيل المزروعة ومن هذه المتطلبات المغذيات الصغرى. ان إستهلاك منتجات غذائية واطئة المحتوى من المغذيات الصغرى سيعرض المزيد من البشر ولاسيما الفئات العمرية الصغيرة وبالتحديد الاطفال الى امراض مختلفة وان تحسين المحتوى التغذوي سيقلل من هذه الامراض او من امراض نقص التغذية بشكلٍ عام (3و5و12و29و33) . إن إنتاج منتجات زراعية (محاصيل زراعية منها خضر وفواكه وعلف حيواني) بكميات عالية وذات نوعية جيدة تعتمد بشكل اساس على توافر كميات متزنة من المغذيات الكبرى والصغرى والاتزان هنا لايعني كميات متساوية بل توافر كافة المغذيات الضرورية بكميات مثالية (بحدود كافية للنمو بدون اي نقص محدد للنمو) وبتهييز يتناغم مع متطلبات نمو المحصول المعين ولاسيما الاصناف عالية الانتاج . وهذا بطبيعة الحال يختلف حسب التربة والمحصول ونوع المحصول وصنفة والظروف البيئية المحيطة واسلوب إدارة التربة ومنها نوع الاسمدة الكبرى والصغرى ومصادرها ( 2 و 3 و 4 و 26 و29). وتعد التربة هي المصدر الرئيس للمغذيات الصغرى للنبات والجاهزية الحيوية لهذه المغذيات تتأثر بعوامل التربة والعوامل المناخية. ومن اهم العوامل المحددة لجاهزية المغذيات الصغرى الموجودة اصلاً بالتربة او المضافة بشكل اسمدة هي درجتي التفاعل pH ومحتوى معادن الكربونات في التربة . وتعد التربة الكلسية ومنها ترب العراق من اكثر الترب التي تعاني من نقص المغذيات الصغرى ،(30) ( عدا المولبدنم) لتحويلها الى اشكال غير جاهزة للإمتصاص من جذور النبات (او ان جاهزيتها لاتعد حيوية ) (لعدم تناغم التجهيز مع متطلبات النبات )،(6 و16و24). هذا فضلاً عن موضوع التداخل بين المغذيات الكبرى والصغرى والتي

بالماء) سيؤدي الى امتصاص المغذيات بشكل مباشر في الاجزاء العليا من النبات (الاوراق بشكل رئيس) وهنا تختلف سرعة الامتصاص بين المصادر السمادية المختلفة والانتقال داخل انسجة النبات هو الاخر يختلف حسب المصدر السمادي وبالطبع المحصول وطبيعة بشرة الورقة ومدى نتخنها وطبيعة الثغور وامكن وجودها . وهناك من يضيف اليوريا سويةً مع كبريتات الزنك لزيادة كفاءة الامتصاص ،(7).

-الاضافة الى التربة والرش الورقي **Mixed Application** بينت دراسة Salman ،(29) ان الإضافة الى التربة والرش الورقي لسماذ كبريتات الزنك حققت نتائج افضل في كفاءة استعمال سماذ الزنك وإنتاجية الحنطة بالقياس الى الرش الورقي لوحدة او الإضافة الى التربة فقط.

**المغذيات الصغرى النانوية: Micronutrient nano-Fertilizers:** معظم تقانات صناعة الالاسمدة تعود الى حوالي 100 سنة او اكثر . وتطورت صناعة الالاسمدة لتشمل الالاسمدة التركيبية والبطيئة التحرر او المغلفة والذكية بيئياً **Environmentally smart fertilizer** او الصديقة للبيئة ولاسيما بالنسبة للأسمدة النتروجينية التي تعد الاكثر مسؤولية عن التلوث البيئي وهذا التطور ادى بشكلٍ او آخر الى زيادة كفاءة استعمال الالاسمدة النتروجينية الى حدود 8 % والى الزيادة في الكفاءة الانتاجية الى حوالي 5-7% ،(21). اما بالنسبة للمغذيات الصغرى فعلى الرغم من استعمال مصادر جيدة مخليبية او عضوية الا ان كفاءة استعمالها وكما اشير آنفاً لم تتجاوز 3-5% عند الإضافة الى التربة والقيم اعلى بكثير عند الإضافة رشاً على الجزء العلوي او الإضافة المختلطة ،(2 و 3 و 29) على الرغم من عدم وجود ارقام عالمية حول الموضوع ،(24). وقام Monreal وآخرون ،(24) بمراجعة موضوع استعمال ومصير وتأثيرات اسمدة المغذيات الصغرى المصنعة بالتقنيات الحديثة المغلفة encapsulation والمواد النانوية او الحجوم النانوية nano-materials او الجزيئات النانوية nano-particles والاجهزة النانوية nano-devices ومعظمها هذه التأثيرات في النبات والقليل في التربة والاقبل حول المغذيات الصغرى بطيئة التحرر او المغلفة . ان اسمدة المغذيات الصغرى المغلفة الصغيرة الحجم (بقطر مايكرومتر) يمكن ان يكون لها

-هناك اسمدة مغذيات صغرى مع الفوسفات والكاربونات والنترات الا انها نادراً ما تستعمل كاسمدة تجارية .

ولمزيد من المعلومات حول اسمدة المغذيات الصغرى يمكن مراجعة عدد من المراجع ،( 2 و 3 و 6 و 16 ).

**طرائق إضافة المغذيات الصغرى وكفاءة استعمالها وإنتاجيتها Fertilizer-MN use efficiency (MNUE):-**

**الإضافة الى التربة Soil Application** : كفاءة استعمال المغذيات الصغرى MNUE او اي سماذ عبارة عن النسبة المئوية للزيادة في الكمية الممتصة نتيجة التسميد (المتنص بالمسمد-المتنص بالمقارنة) على كمية السماذ (العنصر ) المضاف. اما الكفاءة الحقلية او إنتاجية السماذ **Fertilizer-MN Fertilizer Productivity** " MNFP " فتمثل الزيادة الحاصلة بالإنتاج نتيجة التسميد (6). وهذه الكفاءة ولاسيما كفاءة الاستعمال تعد واطئة بالغالب وبين 2.15-5.0% من السماذ المضاف (2 و 3 و 4 و 29) بسبب التفاعل بين المغذيات الصغرى واسطح التربة من خلال الاكسدة و/او الترسيب (بعد التفاعل مع الاوكسجين اوالهيدروكسيل السالبة )، والتي تعد غير جاهزة للإمتصاص من جذور النبات ولاسيما عند الإضافة بصيغة الأملاح الذائبة كالكبريتات . تتحرك المغذيات الصغرى المضافة للتربة نحو الجذور من خلال الإنتشار وتقاطع الجذور وتتحرك مسافة 0.24 سم خلال موسم النمو وكمية السماذ المضاف تختلف حسب طريقة الاضافة وتكون اضعاف عند الاضافة نثراً بالقياس الى التلقيح او الإضافة الموقعية... (18). ومن الاسباب المهمة التي تقلل من كفاءة الاستعمال هو قلة الكمية المضافة (من غرامات قليلة الى 5-10 كغم عنصر ه<sup>-1</sup>) مما ينتج عن عدم التوزيع الجيد او تغاير مكاني في التوزيع . حسن استعمال المصادر المخليبية من كفاءة الاستعمال ولكن بشكل محدود ،(22 و 29). ان انخفاض كفاءة استعمال السماذ يؤدي الى زيادة الكلفة ويزيد من امكانية التلوث البيئي . ويشكل عام فإن إضافة الحديد والزنك تكون غير فعالة الا اذا اضيفت بصيغ مخليبية او مغلفة (17).

-الإضافة رشاً على النبات **Foliar application** : الرش الورقي للمحاليل الحاوية على المغذيات الصغرى (الذائبة

المغذيات الصغرى الفارغة في المنتصف والمحملة بكبريتات الزنك نظمت تحرر الزنك في المحلول بما يتناسب نسبياً مع متطلبات النبات النامي وزادت من نمو وانتاجية الرز تحت انظمة زراعة الرز المختلفة ، الا انها لاتزال تعاني من انتقادات عدة حول الكلفة ومصير المتبقي منها في التربة، (24). يؤكد Brunner وآخرون ،(10) الى ان الحجم الصغير لتراكيبات المغذيات الصغرى النانوية (بحدود 1-100 مايكرومتر في الاتجاهات الثلاثة) يمكن ان يكون له دور مهم في موضوع اسمدة المغذيات الصغرى . وهناك انواع مختلفة منها طبيعية (موجودة ضمن غرويات معادن الطين ) والمكونة في وقت ما (نتيجة التصنيع او عملية التعدين ) او المصنعة والتي تشمل المواد المعتمدة على الكاربون (بجدار واحد من الكاربون او متعدد ) وبشكل شبكة معينة باقطار صغيرة جداً او تكون بشكل اوكسيد الزنك النانوي الحجم او بشكل بولمرات نانوية الحجم وكلها تتصف بمساحة سطحية نوعية عالية وعملية حجز كمية ولها صفات غير طبيعية يمكن ان تنتج عن سلوك ومصير مختلف للمغذيات الصغرى ضمن هذه التراكيب بالقياس الى شبيهاها الاكبر حجماً ، ومع هذا فالموضوع لايزال ناشئاً ولاسيما في الإنتاج الزراعي مع ان هناك من يذهب الى اهمية كبيرة للموضوع من خلال تحسين الجاهزية الحيوية وكفاءة استعمال السماد ومن الممكن ان يكون امين بيئياً. وظهرت ابحاث حديثة حول التداخل بين هذه الانواع السمادية مع النباتات ،(20) . في دراسة في المحاليل المغذية للمقارنة مع مصادر أخرى تبين ان بادرات الطماطة ازدادت بالنمو بعد ثلاثة ايام من الحضان مع المغذيات الصغرى الجزيئية النانوية المغلفة المضافة ودراسات أخرى مع الحنطة بينت ان معظم هذه التراكيب امتزت على الجذور ولم تمتص ولذا يمكن عدّها منظمات نمو لأنها تشجع النمو على الرغم من عدم التأكد من امتصاصها ودخولها الى داخل النبات ،(23) وهناك تقارير متضاربة حول الموضوع وعدم الوضوح لازال هو سيد الموقف على الرغم من التأثيرات الايجابية التي يتم التوصل اليها هنا وهناك . نمو الحنطة زاد من تفكك اكاسيد الزنك والنحاس النانوية والجزيئية الصغيرة في وسط نمو رملي من اقل من 0.3 الى 1.0 ملغم كغم<sup>-1</sup> لتراكيب اوكسيد النحاس ومن اقل او يساوي 0.6 الى 1.0-2.2 ملغم كغم<sup>-1</sup> لتراكيب

عدد من المحاسن ومنها : تشجيع وتحسين اسطح التماس بين السماد ودقائق التربة مما يشجع او يحسن من الجاهزية الحيوية وكلفة انتاج اقل ويمكن ان يكون تحللها من النوع غير المؤذي للبيئة مع ان معظم الدراسات ركزت في المجال الصيدلاني والطبي ، وتم لهذا الغرض استعمال انواع مختلفة من التغليف ومنها ethylene vinyl acetate و lingo-sulfate والبكتين والنشأ (15 و 25) . ومع هذا لم يعرف الكثير عن الموضوع في مجال الانتاج الزراعي وكفاءة استعمال السماد وهناك عوامل عدة تؤثر في عملية الجاهزية الحيوية للاسمدة المغلفة ومن اهمها نوع التغليف ودرجة الحرارة والرطوبة ودرجة التفاعل pH التي تؤثر في عملية انتشار العنصر المغذي الى محلول التربة ومن ثم الجذور ،(1) . تم تحضير سماد بطيء التحرر يحوي الزنك والحديد والمنغنيز والنحاس بعد عمليتي تفاعل وبلورة بين حامض الفسفوريك واوكسيد الزنك ( ZnO ) واوكسيد الحديد (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) واوكسيد المنغنيز ( MnO<sub>2</sub> ) وكبريتات النحاس واوكسيد المنغنيز وتتبع بمعادلة سلسلة الفوسفات المتعددة (P-O-P) مع هيدروكسيد الامونيوم (9) . وهذا المركب له ذوبانية واطئة بالماء ولكنه ذائب بشكل شبه كامل بالحوامض العضوية مما يمكن ان يكون جاهز حيوياً للنبات . وعند إضافة هذا المنتج الى الحقل تبين ان انتاج الرز زاد بحدود 10-55% بالقياس الى المقارنة (بدون إضافة مغذيات صغرى ) و بحدود 17% بالقياس الى املاح كبريتات المغذيات الصغرى وكانت هناك زيادة في المتراكم في حبوب الرز من عناصر الزنك والحديد والمنغنيز وفيتامين C في البطاطا . ان وجود الـ pH المناسب نسبياً في منطقة الرايزوسفير بفعل إفرازات الجذور يسهم في تحسين جاهزية وامتصاص هذا النوع من الاسمدة ومع ان الميكانيكية التي ادت الى تحسين الانتاج غير مفهومة الا انه يمكن ان تكون جزء منها للمغذيات الصغرى وجزء لوجود الفسفور والكلفة الاقتصادية هي الاخرى لاتزال غير مؤكدة ولاسيما بالقياس الى المصادر الاخرى بطيئة التحرر . تبين في العقد او العقدين الاخيرين ان التراكيب النانوية والمغذيات الموجودة داخل حبيبات السماد الصغيرة جداً اخذت حيز مهم في الابحاث بسبب تطبيقاتها في الزراعة والدراسات الصيدلانية ،(11) ولوحظ ان حجم نانوي من كاربونات

وسلوك السماد المضاف في نظام التربة -النبات مثل المجسات الصغيرة الحجم Sensors الي يمكن ان تغرس على مستوى الخلايا المايكروبية والتي يمكن ان تستعمل في دراسة نقص وسمية المنغنيز في التربة مع تغير المحتوى الرطوبي وهناك بعض من هذه الاجهزة الدقيقة في مجال الاختبار، (22) وهناك كامرات صغيرة تغرس في اماكن معينة من الجذور وتصور وتصف حركة الجذور والمغذيات، (8) يمكن الاستفادة منها في هذا المجال وهناك مجسات حيوية ايضاً. ويبقى موضوع التناغم بين المتحرر من اي صيغة سمادية ومتطلبات النبات المعين ومرحلة نمو هو الهدف التي يروم علماء التغذية وخصوية التربة وتقنيات الاسمدة الوصول اليه من اجل كفاءة امتصاص اعلى وكلفة اقل وتلوث بيئي اقل . وهناك امل حول تقنيات النانو والنانوبايوتكنولوجي (تقنيات الحيوية النانوية) من الوصول الى الهدف الاخير وهو ما يطلق عليه السماد الذكي بيئياً وهناك بعض النجاحات مع اليوريا والمجال مفتوح امام العلماء في الاسمدة الاخرى والتي يؤمل ان يزيد من كفاءة استعمال السماد من 5% الى اضعاف هذا الرقم مما يحسن من الانتاجية ونوعية المنتج وصحة الانسان ولاسيما في الدول الفقيرة من العالم

## REFERENCES

- 1.Abedi-Koupai, J., J. Varshosaz, M. Mesforoosh, A.H. and Khoshgoftarmansh, A.H. 2012. Controlled release of fertilizer microcapsules using ethylene vinyl acetate polymer to enhance micronutrient deficiency and water use efficiency. J. Plant Nutrition. 35:1130-1138.
- 2.Ali, Nooruldeen. S. and B.H. A. Al-Amery.,2015. Agronomic efficiency of Zn-DTPA and boric acid fertilizers applied to calcareous Iraqi soil .The Iraqi J. Agric. Sc. 46(6):1117-1122.
- 3.Ali, Nooruldeen. S.; F.H. Hassan, and F. O. Janno. 2015. Soil iron and nitrogen availability and their uptake by Maize plants as related to mineral and bio nitrogen fertilizers application. Agric. Biol. J. N. Am., 2015, 6(5): 118-122.
- 4.Ali, Nooruldeen .S., J.K. Al-Uqaili, and B.H. A. Al-Amery.2001.Efficiency of some Zn fertilizers on calcareous soil. The Iraqi J. Agric. Sci. 32(6):197-206.

الزنك . لقد لوحظ ان معدل الحجوم لاوكسيد النحاس والزنك النانوية زادت من حجوم اقل من 50 نانومتر - اكبر من 100 نانومتر الي 317-483 نانومتر بالترتيب بعد 14 يوماً من الحضان في نظام الحنطة -الرمل، (13) ولم تفسر اسباب زيادة الحجم الا ان هذه الزيادة يمكن ان تؤثر في جاهزية المغذيات وسرعة تجهيزها والشئ نفسه بالنسبة الي سميتها (19). ومع هذا ، فإن الدراسات التي تتعامل مع سرعة التحرر للأشكال السمادية الجديدة وتفاعلاتها الكيموفيزيائية في التربة لاتزال محدودة ان لم تكن معدومة لفهم السلوك لهذا اسمدة بالقياس الي الدراسات المتوافرة حول سلوك المغذيات الصغرى المضاف على هيئة املاح او مخلبية او حتى مع الاحماض العضوية . وهناك من اشار الى عدم وجود فرق في الامتصاص للزنك المضاف الذائب او بشكل نانوي (بطئ التحرر ) مما يشير الى تحلل سريع للأشكال النانوية وانتقال نحو الجذور ومن ثم الامتصاص، (34) . المهم هو التعمق بالدراسات في نظام تربة نبات وليس نظام مائي او النبات فقط . مع هذا هناك من اشار الى سمية تراكم المغذيات الصغرى في النبات ولمحاصيل مختلفة ولاسيما اوكسيد الزنك (ولاسيما تثبيط نمو البادرات ) عند الاضافة بتركيز معينة . وفي الحنطة لوحظ ان سمية اوكسيد النحاس والمنغنيز كانت اكثر سمية من اوكسيد الزنك النانوي وهذا يعتمد على معامل التحرر من التراكيب النانوية الذي يعد العامل المحدد (32). ومع ان معظم الدراسات تقيس التغير الايجابي او السلبي للنمو من خلال ملاحظة التغيرات المظهرية كشكل وطول الجذر والنمو بالنسبة للنبات من طول وكتلة حية الا ان القليل ركز على موضوع الدراسات المايكروسكوبية والجينية (28). وهناك تأثيرات للسايدروفورسات المفردة من البكتريا في المحيط الجذري والتي اثرت في فعالية المغذيات النانوية (13). التسميد بالمغذيات الصغرى النانوية وعلى الرغم من قلة الدراسات الحقلية حوله الا ان هناك نتائج ايجابية لعدد من المحاصيل وادت الى تقليل في الصوديوم والكلور وزيادة في امتصاص المغذيات الضرورية (31) ،بالطبع مع وجود المخاطر غير المعروفة والتي يمكن ان ترافق هكذا انواع سمادية. ولاتزال هناك حاجة الى اجهزة ومعدات بالحجم النانوي او حتى المايكروبي يجب ان ترافق دراسة التركيبات النانوية كي يمكن دراسة مصير

5. Ali, Nooruldeen .S. 2016. Biofortification and human health. A- Review. Iraqi J. Agric .Sc. (Special Issue).47:144-147.
6. Ali, Nooruldeen S.2012.Fertilizer Technology and Uses .University House For Printing and Translation , Ministry of Higher Education and Scientific Research .pp202.
7. Amiri, M.E., E.Fallahi, and A.Golchin, , 2008. Influence of foliar and ground fertilization on yield, fruit quality, and soil, leaf, and fruit mineral nutrients in apple. J. Plant Nutrition. 31:515-525.
8. Anderson, S.H. and J.W. Hopmans, 2013.Soil-Water-Root Processes: Advances in Tomography and Imaging .SSSA Special Publication 61, pp289.
9. Bandyopadhyay, S., K. Ghosh and C.Varadachari, . 2014. Multi-micronutrient slow-release fertilizer of zinc, iron, manganese, and copper. Int. J. Chem. Eng. Article ID 327153 .<http://dxdoi.org/10.1155/2014/327153>.
10. Brunner, T.J.,P. Wick, ,P. Manser, P.Spohn, R.N. Grass, L.K. Limbach,A. Bruinink, and W.J.Stark. 2006. In vitro cytotoxicity of oxide nano-particles: Comparison to asbestos, silica, and effects of particle solubility. Environ. Sci. Technol. 40:4374-4381.
11. Burda, C., X.Chen, R. Narayanan, and M.A. El-Sayed . 2005. Chemistry and properties of nano-crystals of different shapes. Chem. Rev. 105:1025-1102.
12. Cakmak, I., 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? Plant Soil 302:1-17.
13. Dimkpa, C.O., J.E.McLean,D.W. Britt., and A.J.Anderson. 2015. Nano-CuO and interaction with nano-ZnO or soil bacterium provide evidence for the interference of nano-particles in metal nutrition of plants. Eco-toxicology 24:119-129.
14. Food and Agriculture Organization "FAO", Rome, Italy. 2012. The zinc Homeostasis Network of Land Plants. In Sinclair, S.A., and U. Kramer, (Ed). Biochim. Biophys. Acta 1823:1553-1567.
15. Han, J., A.S.Guenier, ,S. Salmieri, and M. Lacroix. 2008. Alginate and chitosan functionalization for micronutrient encapsulation . J. Agric. Food Chem. 56:2528-35.
16. Havlin, J.L., S.L.Tisdale, W.L.Nelson, and J.D.Beaton. 2013. Soil Fertility and Fertilizers. Prentice Hall, 8<sup>th</sup> edition, New Jersey, USA.pp514.
17. Imtiaz, M., A. Rashid, P. Khan, M. Y. Memon , and M.Aslam. 2010. The role of micronutrients in crop production and human health. Pak. J. Bot. 42:2565-2578.
18. Kaiser, D. 2011. Are micronutrients needed in high yield environments? University of Minnesota Extension. <http://www.extension.umn.edu/agriculture/nutrient-management/docs/MVTL-micros-2011.pdf>.
19. Lin, D., and B. Xing. 2007. Phytotoxicity of nano-particles: Inhibition of seed germination and root growth. Environ. Pollution. 150:243- 250.
20. Lin, S., J.Reppert, Q.Hu, J. Hudson, M. Reid, T. Ratnikova, A. Rao, H. Luo, and P. Ke, P. 2009. Uptake, translocation, and transmission of carbon nano-materials in rice plants. Small 5:1128-1132.
21. Linquist, B.A., L. Liub, C. Kessela, and K. Groenigen. 2013. Enhanced efficiency nitrogen fertilizers for rice systems: Meta-analysis of yield and nitrogen uptake. Field Crops Res. 154:246-254.
22. Liu, P., Q. Huang, and W. Chen. 2012. Construction and application of a zinc-specific biosensor for assessing the immobilization and bioavailability of zinc in different soils. Environ. Pollution. 164:66-72.
23. Mastronardi, E., P. Tsae, X. Zhang, C. Monreal and M.C. DeRosa, 2015. Strategic role of nanotechnology in fertilizers: potential and limitations. In: M. Rai (ed), Emerging nanotechnologies in agriculture (in press), 24.Monreal, C.M. ; DeRosa, M., Mallubhotla, S.C.; Bindraban, P.S. , and C. Dimkpa, 2015. The Application of Nanotechnology for Micronutrients in Soil-Plant Systems. VFRC Report 2015/3. Virtual Fertilizer Research Center, Washington, D.C. 44 pp.
25. Moslemi, M., H. Hosseini, M. Erfan, A.M. Mortazavian, R.M.N Frad, T.R. , Neyestani, and R. Komeyli. 2014. Characterization of spray-dried micro-particles containing iron coated by pectin/resistant starch. Int. J. Food Sci. Tech. 49:1736-1742.
26. Panuccio, M.R., A. Sorgonà, M. Rizzo, and G. Cacco, 2009. Cadmium adsorption on vermiculite, zeolite and pumice: batch

- experimental studies. J. Environ. Management. 90:364-374.
27. Pinstrup-Andersen, P., 2011. The Food System and Its Interaction With Human Health nutrition. Leveraging Agriculture For Improved Nutrition In Health. 2020 Conference. Brief 13. International Food Policy Research Institute. Washington, D.C.
28. Pokhrel, L.R., and B. Dubey. 2013. Evaluation of developmental responses of two crop plants exposed to silver and zinc oxide nano-particles. Sci. Total Environ. 452-453:321-332
29. Salman, Isam S. 2016. Effect of Interrelationship Between Some Wheat Varieties and Nitrogen Fertilization On Zinc Uptake .Ph.D. Dissertation, College of Agric., Univ. of Baghdad, pp130.
30. Sillanpää, M., 1990. Micronutrient Assessment At The Country Level: An International Study. In: FAO Soils Bulletin 48, pp. 1-208,
31. Soliman, A.S., S.A. El-Feky, and E. Darwish. 2015. Alleviation of salt stress on *Moringa peregrina* using foliar application of nano-fertilizers. J. Hortic. Forest. 7:36-47.
32. Stampoulis, D., K. Saion, S.K. Sinha, and J.C. White. 2009. Assay-dependent phytotoxicity of nanoparticles to plants. Environ. Sci. Technol. 43:9473-9479.
33. Swaminathan, S., B.S. Edwards and A.V. Kurpad, 2013. Micronutrient deficiency and cognitive and physical performance in Indian children. Eur. J. Clinical Nutrition. 67:467-474.
34. Wang, P., N.W. Menzies, E. Lombi, B.A. McKenna, B. Johannessen, C.J. Glover, P. Kappen, and P.M. Kopittke, 2013. Fate of ZnO nanoparticles in soils and cowpea (*Vigna unguiculata*). Environ. Sci. Technol. 47:13822- 13830.