مجلة جامعة الزيتونة الدولية للنشر العلمي
Zaytoonah University International Journal for Scientific Publishing
Issue N.34-Vol.2 / ISSN:2958-8537

العدد الرابع والثلاثون (34)، المجلد الثاني
تاريخ 31 – 5 – 2025
(ص 163 لـ ص189)

تقانات النانو وأثرها على الانتاج الزراعي
"دراسة تحليلية"

Nanotechnologies and their Impact on Agricultural Production

منال أحمد هاشم
Manal Ahmed Hashem
قسم العام، كلية التقنية الطبية، جامعة فزان، مرزق، ليبيا.
ma.mansour@fezzanu.edu.ly

الملخص:

ان تكنولوجيا النانو تعد تقنية المستقبل القريب دون منازع، والتي يتوقع ان تقدم فرصة هائلة للأبداع والتنوع والفاعلية والجودة في المجالات الصناعية والزراعية والطبية والعسكرية، وغيرها حيث احدثت تقدما هائلا في تكنولوجيا الانتاج الانظف ممثلة في تخفيض النفايات الصناعية، ومن ثم التخلص من التلوث الصناعي وتحسين كفاءة استخدام الموارد الاقتصادية المتاحة، وكذلك العمل على انتاج منتجات صديقة للبيئة.

تشير نتائج الدراسة ان استخدام التقنيات النانوية تقليل تطبيقات منتجات وقاية النباتات، وكذلك تقليل خسائر المغذيات في الاخصاب، تؤدي الي زيادة المحاصيل مثن خلال تحسين ادارة المغذيات في الزراعة الحديثة، ان الجسيمات النانوية الحد من كمية المواد الكيميائية المنتشرة وتحافظ على البيئة. قد تؤثر الابتكارات النانوية للزراعة على صحة الانسان والبيئة. يمكن ان تساعد التقنية النانوية في الزراعة الدقيقة والتنمية الزراعية المستدامة.

توصي الدراسة الحالية بما يلي:

تجنب السلوكيات الخاطئة في التعامل مع المواد النانوية وذلك لوجود تأثيرات المواد النانوية على حيوية الجسم البشري. لابد من تقويم دورة الحياة الكاملة لتلك الجزئيات النانوية، متضمنة عملية تصنيعها، تخزينها وتوزيعها بالإضافة الي تطبيقها واساءة استخدامها والتخلص منها كذلك. كما ان التأثيرات الناجمة علي البشر والبيئة قد تتنوع وتتغير خلال مراحل عديدة من دورة حياتها.

الكلمات المفتاحية: تقانات النانو، المجال الزراعي.

A b s t r a c t:

Nanotechnology is an unchallenged technology of the near future, which is expected to provide a tremendous opportunity for creativity, diversity, effectiveness and quality in the industrial, agricultural, medical, military, and other fields. Using the available economic resources, as well as working to produce environmentally friendly products.

The results of the study indicate that the use of nanotechnologies to reduce the applications of plant protection products, as well as reduce nutrient losses in fertilization, lead to an increase in yields through improving nutrient management in modern agriculture, that nanoparticles reduce the amount of chemicals dispersed and preserve the environment. Nano innovations for agriculture may affect human health and the environment. Nanotechnology can help precision farming and sustainable agricultural development.

The current study recommends the following:

- Avoid wrong behaviors in dealing with nanomaterial's, due to the presence of the effects of nanomaterials on the vitality of the human body.

The entire life cycle of these nanoparticles must be evaluated, including their manufacture, storage and distribution, as well as their application, misuse and disposal. Also, the effects on humans and the environment may vary and change during many stages of its life cycle.

Keywords: **nanotechnologies**, **agricultural field**.

المقدمة:

ان تكنولوجيا النانو تعد تقنية المستقبل القريب دون منازع، والتي يتوقع ان تقدم فرصة هائلة للأبداع والتنوع والفاعلية والجودة في المجالات الصناعية والزراعية والطبية والعسكرية، وغيرها حيث احدثت تقدما هائلا في تكنولوجيا الانتاج الانظف ممثلة في تخفيض النفايات الصناعية، ومن ثم التخلص من التلوث الصناعي وتحسين كفاءة استخدام الموارد الاقتصادية المتاحة، وكذلك العمل على انتاج منتجات صديقة للبيئة.

وتعرف تكنولوجيا النانو بانها " دراسة ابتكار تقنيات ووسائل جديدة تقاس ابعادها بالنانومتر، وهو جزء من الالف من المايكرومتر أي جزء من المليون من الميلليمتر. وقد بدأ استخدام هذا المصطلح في مجال الصناعات الالكترونية المتصلة بالمعلوماتية، ثم انتشر بعد ذلك استخدامه في مجالات أخري عديدة، مثل الطب والفيزياء والدواء والزراعة وغيرها حيث تستخدم هذه التقنية الخصائص الفيزيائية المعروفة للذرات والجزئيات لصناعة أجهزة ومعدات جديدة ذات سمات غير عادية.

ويري البعض أن هذه التقنية قد اصبحت حقيقة واقعة تحظي باهتمام العديد من دول العالم المتقدمة، اذ انها تبشر بثورة علمية جديدة في المستقبل القريب في شتي مجالات الحياة، حيث يتعامل العلماء في تقنيات النانو بمزيج من الكيمياء والفيزياء والهندسة علي مستوي الذرات والجزئيات النانو مترية للمادة لإيجاد مواد جديدة، ذات ترتيبات وتجمعات وخصائص مبتكرة، وغير موجودة طبيعيا، أو لتعديل البناء الذري او الجزيئي للمادة لإيجاد تراكيب جديدة وبتكلفة اقتصادية منخفضة تؤدي من ثم إلي تطبيقات متنوعة تعمل علي تحقيق رفاهية الانسان وجعل حياته اسهل.

ان الانظمة الزراعية تملك دوراً مهما في توفير الغذاء وتحسين مصادر العيش والدخل لعدد كبير من الناس ولاسيما المناطق القروية والارياف التي تصل نسبة المشتغلين في القطاع الزراعي (النباتي والحيواني) الي حدود 80% (رجال ونساء). ان اعداد السكان في تزايد وسيتجاوز العدد 9 بليون نسمة في عام 2050. وهذه الاعداد تتطلب المزيد من الغذاء من الناحيتين الكمية والنوعية وهذا الانتاج يحتاج الي توفير المتطلبات الغذائية للمحاصيل المزروعة ومن هذه المتطلبات المغذيات الصغرى. ان استهلاك منتجات غذائية واطئة المحتوي من المغذيات الصغرى سيعرض المزيد من البشر ولا سيما الفئات العمرية الصغيرة وبالتحديد الاطفال الي امراض مختلفة وان تحسين المحتوي التغذوي سيقلل من هذه الامراض او من امراض نقص التغذية بشكل عام.

ان انتاج منتجات زراعية (محاصيل زراعية منها خضر وفواكه وعلف حيواني) كميات متزنة من المغذيات الكبرى والصغرى والاتزان هنا لا يعني كميات متساوية بل توافر كافة المغذيات الضرورية بكميات مثالية (بحدود كافية للنمو بدون اي نقص محدد للنمو) وبتجهيز يتناغم مع متطلبات نمو المحصول المعين ولا سيما الاصناف عالية الانتاج.

وتعد تقنية النانوية هي معالجة بارعة للمادة على المستوي الجزيئي او الذري وبشكل عام بحدود اقل من 100 نانومتر. وهذه التقنية تعد واعدة في تحسين العمليات الزراعية الجارية من خلال تحسين الادارة وصيانة وادامة المدخلات في الانتاج الزراعي الحقلي والحيواني والسمكي والابحاث المنفذة في العقدين الاخيرين ركزت حول موضوع نانوية الجزئيات المعدنية مثل اوكسيد الزنك واوكسيد النحاس والمخلبيات المعدنية والمغذيات الصغرى بطيئة التحرر (او المسيطر على تحررها) ولكن النتائج لم تكن متطابقة وأحيانا متعاكسة ولذا لايزال الموضوع يحتاج الي تعمق أكثر

مشكلة الدراسة

المجال الزراعي يواجه العديد من التحديات منها التغير المناخي وزيادة استهلاك المنتجات الزراعية وتقلص المساحة المزروعة مما يستوجب ضرورة النهوض بالتنمية الزراعية لتحقيق الاستقرار الاقتصادي والزراعي، ومن هنا تأتي اهمية استخدام تكنولوجيا وتقنية النانو والتي يمكن من استحداث سبل حديثة في امكانية ايجاد ومعالجة العديد من المشكلات الزراعية.

تم صياغة مشكلة الدراسة في التساؤل التالي:

" ما هي تقانات النانو؟ ما هو أثرها على الانتاج الزراعي؟

الهدف الدراسة

هدفت الدراسة الي تسليط الضوء على استخدام المواد والجسيمات النانوية في المجال الزراعي والغذائي بصورة جدية ليساهم بفعالية في زيادة انتاجية وحدة المساحة من المحاصيل المختلفة، وكذلك زيادة قدرتها التنافسية من خلال تقليل متبقيات الاسمدة والمبيدات فيها مما ينعكس بصورة اقتصادية على المردود الاقتصادي للمزارع من خلال تقليل المصاريف، وبالتالي زيادة ربحية من المحاصيل المختلفة، وزيادة الفرص التصديرية من خلال زيادة تنافسية المنتج كما يحافظ على التربة ويقلل تلوث المياه الجوفية ببقايا الاسمدة المختلفة.

الدراسات السابقة

دراسة (Claudia, et.al, 2015)

بعنوان "تقنيات النانو الزراعية: ما هي الاحتمالات الحالية؟"

تم الاعتراف بتقنية النانو من قبل المفوضية الأوروبية باعتبارها واحدة من "تقنيات التمكين الرئيسية" الستة التي تساهم في القدرة التنافسية المستدامة والنمو في العديد من القطاعات الصناعية. تعمل التحديات الحالية للاستدامة والأمن الغذائي وتغير المناخ على إشراك الباحثين في استكشاف مجال تكنولوجيا النانو كمصدر جديد للتحسينات الرئيسية للقطاع الزراعي. ومع ذلك، لا تزال المساهمات الملموسة غير مؤكدة. على الرغم من المزايا العديدة المحتملة لتقنية النانو والاتجاهات المتزايدة في المطبوعات وبراءات الاختراع، فإن التطبيقات الزراعية لم تصل إلى السوق بعد. هناك عدة عوامل يمكن أن تفسر ندرة التطبيقات التجارية. من ناحية أخرى، يؤكد خبراء الصناعة أن تكنولوجيا النانو الزراعية لا تظهر عائدًا اقتصاديًا كافيًا لموازنة استثمارات الإنتاج الأولية العالية. من ناحية أخرى، قد يؤدي تنظيم التكنولوجيا النانوية الجديد في الاتحاد الأوروبي إلى خلق حالة من عدم اليقين التنظيمي للمنتجات الموجودة بالفعل في السوق ويؤثر على الإدراك العام. ومع ذلك، تظهر الدراسات الحديثة أن الرأي العام ليس سلبياً تجاه تكنولوجيا النانو وأن إدخال منتجات التكنولوجيا النانوية ذات الفوائد الواضحة في السوق من المرجح أن يؤدي إلى قبول المستهلك للتطبيقات الأكثر حساسية. التقدم السريع لتقنية النانو في الصناعات الرئيسية الأخرى قد يتم نقله بمرور الوقت إلى التطبيقات الزراعية أيضًا، وتسهيل تطويرها.

دراسة (نور الدين شوقي وحياوي ويوة الجوذري، 2017)

بعنوان" تطبيقات التقنية النانوية للمغذيات الصغرى في الانتاج الزراعي"

تعد المغذيات الصغرى مهمة في الانتاج الزراعي من الناحيتين الكمية والنوعية وصحة الانسان. اذ تشير العديد من الدراسات ان هناك أكثر من 3 بليون شخص في العالم يعاني من نقص المغذيات الصغرى ولاسيما الزنك والحديد وان الاغناء عن طريق اضافة المكملات او الاملاح لا يعد الاسلوب الامثل لحل المشكلة لاسيما في الدول الفقيرة. ولذا تم تبني اسلوب الاغناء الحيوي الطبيعي والذي يتضمن في أحد اساليبه اضافة هذه المغذيات كأسمدة. ومن المعروف ان المغذيات الصغرى محددة لنمو النبات بشكل رئيس ونوعية المنتج من الناحية التغذية على الرغم من الكميات القليلة التي تحتاجها المحاصيل بالقياس الي المغذيات الكبرى. وعلى الرغم من توافر مصادر سمادية مختلفة معدنية ومخلبية (تركيبية وطبيعية – عضوية) لهذه المغذيات وتوافر طرائق اضافة مختلفة (اضافة الي التربة واضافته رشا علي الاوراق او الاثنان معا) الا ان كفاءة استعمال هذه الاسمدة لا تتجاوز 5% من المضاف. وفي الآونة الاخيرة هناك اتجاه لتبني اسمدة مغذيات صغري 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 شيء الدعم المالي لدراسته وفهمه بالكامل.

دراسة (محمد عبد الواحد فليح، 2018)

بعنوان " **انخفاض التكاليف المباشرة في البيئة الحديثة ودوره في تحقيق الميزة التنافسية: دراسة تطبيقية في البرنامج الوطني لتنمية زراعة الحنطة في العراق"**

تعد مواكبة التطور الحاصل في بيئة الأعمال ضرورة ملحة من خلال استعمال التقنيات الإدارية الحديثة التي تسهم في خلق ميزات تنافسية تساعد الوحدات الاقتصادية في تحقيق أهدافها لذا تتمثل مشكلة البحث في الاعتماد على الأساليب المحاسبية التقليدية غير القادرة على مواكبة التطورات الحاصلة في البيئة الحديثة مما يؤدي إلى ارتفاع حجم تكاليف عناصر الإنتاج بشكل عام والتكاليف المباشرة بشكل خاص فضلا عن عدم تقديم منتجات بجودة عالية بينما يهدف البحث إلى تحقيق عدد من الأهداف تتسم في بيان مفهوم تقنية النانو وتأطيرها وبيان خواصها والتطرق إلى مفهوم تقنية الإنتاج في الوقت المحدد ومنافعها وخصائصها وكذلك كيفية تخفيض التكاليف المباشرة بالاعتماد علي التقنيات الحديثة وقد تم التوصل إلى مجموعة استنتاجات أهمها تتمثل في أن تقنية النانو من خلال التحكم في البنية الجزئية بذرات المادة وتصميمها وفق البوليميرات التي تعد بمثابة المادة الأولية لتقنية النانو مما يجعل هذه التقنية قادرة على تقديم مواد بصفات مختلفة، وكذلك تعد تقنية الإنتاج في الوقت المحدد واحدة من التقنيات الحديثة التي بموجبها تتحقق الرقابة الذاتية من خلال الاعتماد على توقف النظام بشكل كامل في حال حدوث أي خلل وكذلك الاعتماد على عدد قليل جدا من العاملين لغرض التشغيل والمتابعة وكما تم التوصل إلي مجموعة توصيات أهمها ضرورة التركيز على سلوك الذرة والجزئيات حيث أوجد عالم منعطف للتفكير بعالم إعادة الإنتاج

النانو تكنولوجي خلال إعادة إنتاج مواد لا تتوقف عند مجال معين لحل مشاكل العصر المتمثلة بندرة الموارد وتلوث البيئة وضرورة تبني تقنية الإنتاج في الوقت المحدد والتخلص من تكاليف الأجور المباشرة بشكل كبير.

دراسة(Xiaojia, et.al, 2019)

بعنوان " التطبيق الحالي لتكنولوجيا النانو في الأغذية والزراعة"

أدى التطور السريع لتكنولوجيا النانو إلى تسهيل التحولات في قطاعي الأغذية والزراعة التقليديين، ولا سيما اختراع التعبئة الذكية والفعالة، وأجهزة استشعار النانو، ومبيدات الآفات النانوية والأسمدة النانوية. تم تطوير العديد من المواد النانوية الجديدة لتحسين جودة الأغذية وسلامتها، ونمو المحاصيل، ومراقبة الظروف البيئية. في هذا الاستعراض، تتم مناقشة أحدث الاتجاهات في مجال تكنولوجيا النانو ويتم تناول المهام الأكثر تحديًا والفرص الواعدة في قطاعي الأغذية والزراعة من دراسات حديثة مختارة. كما تمت مناقشة أساسيات السموم وتقييم مخاطر المواد النانوية في هذه المنتجات الغذائية والزراعية الجديدة. لقد سلطنا الضوء على التطبيق المحتمل للمواد النانوية المصنَّعة بيولوجيًا والمستوحاة بيولوجيًا من أجل التنمية المستدامة. ومع ذلك، فإن الأسئلة الأساسية المتعلقة بالأداء العالي والمواد النانوية منخفضة السمية تحتاج إلى معالجة لتغذية التطوير الفعال وتطبيق تكنولوجيا النانو. تعتبر اللوائح والتشريعات ذات أهمية قصوى أيضًا في تنظيم التصنيع والمعالجة والتطبيق وكذلك التخلص من المواد النانوية. لا تزال هناك حاجة إلى بذل جهود لتعزيز الوعي العام وقبول المنتجات الغذائية والزراعية الجديدة التي تعمل بتقنية النانو. نستنتج أن تقنية النانو توفر عددًا كبيرًا من الفرص، من خلال توفير بديل جديد ومستدام في قطاعي الأغذية والزراعة.

دراسة (Elias, et.al, 2019)

بعنوان " دور تقنية النانو في تقوية المغذيات النباتية وتحسين إنتاج المحاصيل"

يؤثر نقص المغذيات في المحاصيل الغذائية بشكل خطير على صحة الإنسان، لا سيما في المناطق الريفية، وقد تصبح تكنولوجيا النانو هي النهج الأكثر استدامة للتخفيف من هذا التحدي. هناك عدة طرق لتقوية العناصر الغذائية في الغذاء مثل التنويع الغذائي واستخدام الأدوية والإغناء الصناعي. ومع ذلك، فإن القدرة على تحمل تكاليف هذه الأساليب واستدامتها لم تتحقق بالكامل. تمتص النباتات المغذيات من الأسمدة، ولكن معظم الأسمدة التقليدية لها استخدام منخفض للمغذيات وكفاءة امتصاص. لذلك، تم تصميم الأسمدة النانوية بحيث تكون موجهة نحو الهدف ولا يمكن فقدها بسهولة. تقوم هذه المراجعة بمسح آثار إضافة المغذيات الكبيرة والنانوية إلى التربة، والتفاعل، والقدرة على الامتصاص للنباتات، والتأثير البيئي والمحتوى الغذائي للعناصر الغذائية. تم الحصول على معظم التقارير من الأعمال الحديثة، وتبين أنه يمكن إثراء مغذيات النباتات عن طريق استخدام المغذيات النانوية، التي يمتصها النبات بسهولة. على الرغم من وجود بعض مشكلات السمية المرتبطة باستخدام الجسيمات النانوية في المحاصيل، إلا أن الجسيمات النانوية المصنَّعة بيولوجيًا قد تكون مفضلة للأغراض الزراعية.

هذا من شأنه التغلب على المخاوف المرتبطة بالسمية، بالإضافة إلى كونها خالية من التلوث. لذلك، يقدم هذا التقرير مزيدًا من الفهم لتطبيق تكنولوجيا النانو في التقوية الحيوية للمغذيات النباتية والإمكانيات المستقبلية التي توفرها هذه الممارسة. كما يسلط الضوء على بعض العلل المرتبطة بإدخال المواد النانوية في التربة لتحسين المحاصيل.

دراسة (ينال القدسي واخرون، 2021):

بعنوان " دور تقنية النانو في تحسين انتاجية المحاصيل الحبية ودعمها للاقتصادي الزراعي في المرحلة الراهنة"

علم النانو هو العلم الذي يعني بدراسة العالم متناهي الصغر وهو عالم الذرات والجزئيات فاذا قلنا عن أحد ابعاد الجسيمات هو 100 نانو متر فهو يندرج تحت مسميات النانو. المجال الزراعي يواجه العديد من التحديات منها التغير المناخي وزيادة استهلاك المنتجات الزراعية وتقلص المساحة المزروعة مما يستوجب ضرورة النهوض بالتنمية الزراعية لتحقيق الاستقرار الاقتصادي والزراعي، ومن هنا تأتي اهمية استخدام تكنولوجيا وتقنية النانو والتي تمكن من استحداث سبل حديثة في امكانية ايجاد ومعالجة للعديد من المشكلات الزراعية. هذا بالإضافة الي ان بعضا من التحديات الرئيسية والمرتبطة بمجال الزراعة ومنها انخفاض الكفاءة الانتاجية في المساحة المزروعة، كبر حجم المساحة الغير مزروعة، فقدان الموارد ومنها المياه والمخصبات ومبيدات الحشرات وضياع المنتجات. هذا بالإضافة إلى الامن الغذائي للأعداد النامية، يمكن مواجهتها من خلال التطبيقات المختلفة لتقانة الصغائر، تقنية النانو تحقق معدلات انجاز ملحوظة في معالجة المشكلات الزراعية والنهوض بالمجال الزراعي، الامر الذي يحقق أبلغ الاثر في خدمة المجتمع وتنمية البيئة. يعتبر انتاج الذرة الصفراء أحد اهم المحاصيل الحبية في سورية لمواجهة احتياجات الانسان والحيوان الاساسية، وفي هذا الصدد، ولزيادة انتاج محصول الذرة الصفراء، نفذت هذه الدراسة استجابة الصنف غوطة 82 للأسمدة الكيميائية والاسمدة النانوية. تم اجراء تجربة حقلية في محطة بحوث قرحتا التابعة للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية. استخدمت 3 مكررات، المكرر الواحد يحوي 10 مساكب، حيث ان مساحة المسكبة الواحدة كانت 5×4م وباستخدام معاملتين من الاسمدة النانوية (حيث تم الرش بشكل ورقي) الاولي اليوريا النانوية حيث استخدمت ثلاثة تراكيز (30غ، 60غ، 90غ) والثانية NPK النانوي من خلال ثلاثة تراكيز ايضا (30غ، 60غ، 90غ)، بالإضافة الي استخدام معاملتين من الاسمدة الكيميائية الاولي اسمدة يوريا والثانية اسمدة NPK. اخذت المؤشرات الحقلية المتعلقة بصفة الانتاجية وهي: طول النبات، طول العرنوس، عدد الحبوب في الصف للعرنوس، عدد الصفوف للعرنوس، صفة وزن 100 حبة وصفة الانتاجية. بينت نتائج التحليل الاحصائي بالنسبة لصفة وزن 100 حبة تفوق معنوي لكافة معاملات التسميد المستخدمة في البحث مقارنة مع الشاهد باستثناء المعاملة 5 (سماد NPK النانوية ذو التركيز 30غ)، كما سجلت المعاملات (3,4,6,7,9) وبالتالي يمكن استخدام سماد النانو يوريا بمعدل 60غ و90غ وسماد NPK النانوية (60غ و90غ) عوضا عن الاسمدة التقليدية. لوحظ تفوق معاملة السماد التقليدي يوريا في الصفات الانتاجية على

باقي المعاملات والشاهد، مما انعكس على انتاجية الذرة الصفراء والتي سجلت 4.77 طن /هـ، تليها معاملة نانو يوريا ذو التركيز 90 غ (4.46 طن /هـ) ومعاملة NPK النانوية ذو التركيز 60 غ (4.11 طن /هـ) وذلك مقارنة بالشاهد (2.98 طن /هـ) وبالتالي تستنتج انه ممكن الاستعاضة عن الاسمدة التقليدية (يوريا وNPK) بالأسمدة النانوية (يوريا 60 غ ويوريا 90 غ) وNPK ذو التركيز 60 غ لعدم وجود فروق معنوية بينها وتعطي انتاج عالي يقارب الاسمدة التقليدية.

المبحث الاول

تكنولوجيا النانو ومجالات تطبيقها المختلفة

يعد النانو تكنولوجي أحد العلوم الحديثة التي تربط الباحثين والعلماء بالصناعة والتكنولوجيا فهذا العلم بدأ الاهتمام به منذ عقد ونصف تقريبا والذي يعتمد على استكشاف خواص جديدة وغير مسبوقة لكافة المواد والمعادن بعد تكسيرها لأحجام بالغة الدقة، حيث وجد العلماء مثلا ان الخواص الكيميائية والفيزيائية لمادة الذهب تتغير كلما تم تصغيرها لأحجام النانو مما يعني امكانية ادخالها في تطبيقات لانهائية من الصناعة إلى العلاجات الطبية.

أولا: ماهية تكنولوجيا النانو:

يشتق مصطلح "نانو تكنولوجي" من النانومتر، وهو مقياس مقداره واحد على بليون من المتر، أو واحد من مليون من المليمتر، والذي يمثل واحد على ثمانين الفا من قطر شعرة واحدة.

واصل كلمة نامو مشتق من الكلمة الإغريقية "نانوس" وتعني القزم وعلم النانو هو "دراسة المبادئ الأساسية للجزئيات والمركبات التي لا يتجاوز قياسها ال 100 نانو متر.

ويعود استخدام تقنية النانو إلى الحضارة الإغريقية والحضارة الصينية حيث يعد الاناء الاغريقي الشهير "ليكوروجز" الذي يتغير لونه طبقا لزاوية سقوط الضوء أحد أقدم تطبيقات هذه التقنية حيث استخدم في صناعته جسميات نانو من الذهب تم خلطها بالزجاج

وتعرف تقنية النانو اليوم على أنها تطبيق علمي يتولى انتاج الاشياء عبر تجميعها من مكوناتها الأساسية، مثل الذرة والجزئ، وما دامت كل المواد المكونة من ذرات متراصة مع بعضها وفقا لتركيب معين، فأننا نستطيع ان نأخذ أي ذرة ونرصفها إلى جانب اخري بطريقة مختلفة عما هي عليه في الاصل، ليصبح بمقدورنا صناعة مواد جديدة، أو تعديل خصائص المواد الموجودة.

كما تعرف بانها "العلم الذي يعني التحكم التام والدقيق في انتاج المواد وذلك من خلال التحكم في تفاعل الجزئيات الداخلة في التفاعل وتوجيه هذه الجزئيات من خلال انتاج مادة معينة.

ثانيا: اهمية تقنية النانو تكنولوجي:

جاء الاهتمام بتقنية النانو نتيجة لما تمتاز به من خصائص مميزة ومبهرة فعندما تصغر المادة وتكون ابعادها ضمن المقياس النانوي (اقل من 100 نانومتر) فهي تظهر خواص فيزيائية وكيميائية جديدة تختلف وبشكل كبير جدا عن خواصها المعروفة بحجمها الطبيعي وهذه الخاصية جعلت من جسيمات النانو معجزة علمية جديدة. واهم تلك المبادئ ومميزاتها يمكن توضحيها من خلال الجدول (1). وقد حظيت تقنية النانو في الوقت الحاضر وحيوية وزراعية.. الخ ادي هذا إلى ظهور دعم عالمي واسع لها في السنوات الاخيرة ومنه في الولايات المتحدة عام 2000 التي جعلت منها استراتيجية وطنية فوضعت مبادرة (تقنية النانو الوطنية NNI).

ثالثا: لمحة تاريخية عن تقنية النانو تكنولوجي:

تقنية النانو هي مصطلح مشتق في الاصل من كلمة اغريقية تطلق علي الشيء الصغير جدا او القزم الصغير وهي (نانوس)، وقد استعملت هذه التقنية منذ الاف السنين في صناعة الصلب والمطاط حيث اعتمدت علي خصائص مجموعات ذرية نانومترية في تشكيلات عشوائية، وقد ذكر هذا المفهوم ولأول مره عام 1867م عندما اقترح (جيمس ماكسويل) فكرة تجربة صغيرة تعرف ب (عفريت ماكسويل) لمعالجة الجزئيات الفردية للتحكم في تحريك الذرات والجزئيات، اما في عام 1959 تحدث العالم الفيزيائي المشهور (ريتشارد فيمان) الي الجمعية الفيزيائية الامريكية في محاضرة بعنوان (هناك مساحة واسعة في الاسفل) قائلا: (بان المادة عند مستويات النانو وبعدد قليل من الذرات تتصرف بشكل مختلف عن حالتها)، ثم قام الباحث (اريك دريكسلر) في عام 1975م بصياغة مفهوم لتكنولوجيا النانو، وعلي الرغم من التأخير في تطور هذه التقنية مقارنة بعلوم الحاسوب وتكنولوجيا الاتصالات الا انه في عام 1990م عاودت الظهور بكثافة عالية وهذه هي البداية الحقيقية لعصر تكنولوجيا النانو وقد ظهر هذا الاسم بشكل واسع عام 1979م عبر تعريف البروفسور(نوريو تانيقوشي) في ورقته العلمية المنشورة في مؤتمر الجمعية اليابانية للهندسة الدقيقة اذ عرفه بالاتي : (بانها عملية ترتكز علي عمليات فصل واندماج واعادة تشكيل المواد بواسطة ذرة واحدة او جزء وحيد). تمكن البروفسور (سوميو ليجما) في عام 1991م من اكتشاف أنابيب الكاربون النانوية (وهي عبارة عن أنابيب اسطوانية مجموع قطرها يصفه نانومتر ومصنوعة من شرائح الجرافيت)، اما في عام 2000م تمكن العالم الفيزيائي العربي (منير نايفة) من اكتشاف وتصنيع عائلة من حبيبات السليكون اصغرها ذات قطر (1 نانو) هذه الحبيبات عند تعرضها للضوء فوق البنفسجي فأنها تعطي الوان مختلفة، ثم اعلنت اميركا مبادرتها التكنولوجية الوطنية وفتحت مجال الدعم الحكومي تلتها اليابان عام 2002م التي انشات مركز متخصص للباحثين في تكنولوجيا النانو مع توفير جميع الاجهزة المتخصصة ودعم الباحثين وتشجيعهم في استعمال هذه التقنية التي تعد من الجيل الخامس التي ظهرت في عالم الالكترونيات. أما في العراق وعلي الرغم من ظروفه الصعبة علي الصعيدين الاقتصادي والعلمي الا انه كانت هناك مبادرات جيدة في هذا الاتجاه العلمي التكنولوجي فقد استطاع مجموعة من العلماء في الجامعة التكنولوجية في بغداد تأسيس مركز متخصص بتقنية النانو عام

2009م ليكون اول انطلاقة في هذا المجال وقد حظي الدعم من قبل وزارتي التعليم العالي والعلوم والتكنولوجيا وقد حصل علي وسام التميز لأفضل مركز بحثي في عام 2014م ويضم قسمين هما قسم المواد النانوية في التقنيات الطبية والاحيائية وقسم المواد المتقدمة في الطاقة والصناعة والنفط والغاز والمعدات والانابيب، واهم أهداف المركز تتمثل بالاتي :

بناء كوادر بشرية متطورة ومتخصصة في هذا المجال.

تطوير البني التحتية اللازمة في البحث العلمي في مجال هذه التقنية.

التركيز على التطبيقات الاقتصادية التي تخدم المشاريع الاستراتيجية.

تعزيز الوعي في المجتمع بشأن أهمية تقنية النانو.

أنواع المواد النانوية:

بدأ العلماء إنتاج مواد نانوية بشكل فعلي عام (1990)، ومع تزايد انتاجها صنفت بحسب ابعادها وطريقة تحضيرها إلي:

1–أحادية البعد:

هي مجمل المواد التي لها طول فحسب، لذلك سميت بهذا الاسم، وتكون على شكل رقائق سماكتها لا تتعدي مئة نانو متر، وتستخدم لطلاء المواد القديمة المستخدمة في مختلف المجالات لتحسين خواصها الاتية:

- **الخواص الميكانيكية:** تصبح مقاومة المواد القديمة عالية للخدش، وتحميها من التآكل الناتج عن الاحتكاك، وتمنع التصاق الغبار بها ولاسيما على مادة الزجاج المستخدم كجدران خارجية لناطحات السحاب، وهكذا لا تحتاج للتنظيف ابدا مما يوفر التعب والكلفة معا.
- **الخواص الحرارية:** تحمي أسطح المحركات من الحرارة الناتجة عن التشغيل المستمر.
- **الخواص البيولوجية:** تساعد بمنع التصاق البكتيريا والفيروسات والميكروبات على الادوات المستخدمة في الجراحة، مما يجعلها في حالة تعقيم دائم.
- **الخواص الكهرومغناطيسية:** تعمل على اضعاف تأثير الحقول الكهرومغناطيسية (الكهربائية والمغناطيسية) على الاقراص الصلبة المستخدمة في حفظ المعلومات، فيتحسن اداؤها ويزداد عمرها.

2– ثنائية البعد:

أي أن لها طول وعرض يقل كل منهما عن مئة نانو متر، كالأسلاك وانابيب الكربون النانوية، التي بناها عام (1991م) الدكتور الياباني سوميو ايجيما ذرة تلو الأخرى وهو الباحث في شركة (ان اي سي) اليابانية. والانابيب متعددة الجدران ومجوفة، ابعادها نحو (1.5) نانو متر، ويمكن رؤيتها بالمجاهر عالية التكبير، والتي تمتاز بخواص ميكانيكية وفيزيائية فريدة، فمثلا لها مقاومة شد تفوق مئة مرة مقاومة شد الحديد الصلب، على الرغم من خفة وزنها وهذا يجلها أقوي مادة مصنوعة حتى عام (2010م)، ولها مرونة عالية تفوق أفضل المواد مرونة في الطبيعة

بخمس مرات، وهذا يؤهلها للعودة إلي شكلها الاصلي فورا بعد زوال الاجهاد المؤثر عليها، كما ولها ناقلية للحرارة والكهرباء تفوق ناقلية النحاس بألف مرة تقريبا. وهذه المزايا الفريدة لأنابيب الكربون تجعل من الصعب حصر تطبيقاتها، لكن يمكن اختصارها بالمجالات الاتية:

تخزين الطاقة الشمسية وصناعة انواع عديدة من البطاريات.

صناعة الحساسات بأنواعها.

صناعة الشاشات المسطحة.

صناعة المرشحات المستخدمة في تقنية الماء.

توصيل الادوية الي داخل الخلايا المصابة في الجسم.

صناعة الاغشية المستخدمة في تحلية المياه المالحة.

3- ثلاثية الابعاد:

اي ان لها طولاً وعرضاً وارتفاعاً، لا يتعدى كل منها مئة نانو متر، ومن امثلتها الحبيبات ومساحيق المعادن، كالذهب الذي استخدمت حبيباته في القضاء على الاورام السرطانية، وتحديد الحامض النووي للفيروسات، حتى يسهل القضاء عليها، اما اكاسيد المعادن مثل اكاسيد الالمنيوم والحديد والتيتانيو وغيرها، فأنها تعد أكثر المواد النانونية انتاجا، نظرا لتعدد استخداماتها في قطاعات الالكترونيات والادوية والمعدات الطبية والاجهزة البصرية.

خواص المواد النانوية:

تتمثل اهم خواص المواد النانوية فيما يأتي

أ-**الخواص الميكانيكية:** ترفع قيم الصلابة للمواد الفلزية وسبائكها وكذلك تزيد مقاومتها لمواجهة اجهادات الاحمال المختلفة الواقعة عليها وذلك من خلال تصغير مقاييس حبيبات المادة والتحكم في ترتيب ذراتها، فمثلا إذا قمنا بتصغير حبيبات المواد السراميكية لاكتسبت المزيد من المتانة وهي صفة لا توجد في مواد السيراميك العادية،

ب-**درجة الانصهار:** تتأثر قيم درجات حرارة انصهار المادة بتصغير ابعاد مقاييس حبيباتها، فمثلا درجة انصهار الذهب هي (1064 درجة مئوية)، وإذا قمنا بإنقاص حبيبات الذهب فان درجة الانصهار تنقص حوالي (500 درجة مئوية).

ج-**الخواص المغناطسية:** تعتمد قوة المغناطيس اعتمادا كليا على مقياس ابعاد حبيبات المادة المصنوعة منها المغناطيس وكلما صغر حجم الجسيمات النانونية وتزايد مساحة اسطحها الخارجية ووجود ذرات على تلك الاسطح كلما ازدادت قوة المغناطيس وشدته.

د. **الخواص الكهربائية:** ان أصغر احجام حبيبات المواد النانونية يؤثر ايجابا على خواصها الكهربائية، حيث تزداد قدرة المواد على توصيل التيار الكهربائي، اذ تستعمل المواد النانونية في صناعة اجهزة الحاسبات الدقيقة والشرائح الالكترونية في الاجهزة الحديثة وهي ذات مواصفات عالية.

هـ–الخواص الكيميائية: إذا كانت الجسيمات النانوية متجانسة وبنفس الحجم فان تفاعلها يزداد وكلما صغر حجم الحبيبات المادة يزداد تفاعلها.

أوجه تميز تكنولوجيا النانو والتحديات التي تواجهها:

هناك اسباب رئيسية تبرر الاهتمام العالمي بتقنية النانو، باعتبارها ظاهرة واعدة بكثير من التطبيقات التي ستغير من المفاهيم التقليدية للتصنيع والصحة والعلاج والطاقة والمياه والبيئة وغيرها.

وترجع تلك الأهمية إلى العديد من المبادئ التي تتميز بها تكنولوجيا النانو عن باقي التقنيات الأخرى وهي ما دعت العلماء الي تكثيف الاهتمام بها، والجدول التالي يوضح أهم هذه المبادئ والفائدة منها:

المبدأ	الميزة
إمكانية التحكم بتحريك الذرات منفردة واعادة تركيبها	إمكانية بناء أي مادة في الكون لان الذرة هي وحدة البناء لكل المواد.
تختلف الخصائص الفيزيائية والكيمائية للمادة عند مقياس النانو عن الخصائص لنفس المادة بالحجم الطبيعي	اكتشاف خصائص مميزة للمواد يستفاد منها العديد من المجالات التطبيقية
تعتمد تقنية النانو علي مبادئ الفيزياء والكمياء والاحياء والهندسة الكهربية والالكترونية	تعمل علي ربط العلوم وتشجع الجميع علي اختلاف تخصصاتهم علي استخدام تلك التقنية
امكانية التحكم في الذرات في صنع المواد وتنقيتها من الشوائب	تصبح خصائص المواد أفضل حيث انها اصغر واخف واقوي واسرع وارخص واقل استهلاكا للطاقة.
تعتمد علي الابحاث العلمية التي تتصف بإمكانية تطبيقها	تحول الخيال العلمي إلي واقع

مجالات تطبيق النانو تكنولوجي:

في ضوء المزايا السابق تناولها لتقنية النانو فانه يمكن القول ان استخدام تلك التقنية يصلح للتطبيق في مختلف المجالات العلمية والهندسية والطبية والعسكرية وعلوم الفضاء وتصنيع الملابس والاغذية... وغيرها، لكن قد تختلف هذه المجالات من بلد إلى اخر تبعا لتوجهات واهداف ذلك البلد، وهنا سنركز على المجالات التي تكاد تكون مثار اهتمام أكبر عدد من الدول، ومنها:

المجال الطبي:

ان فكرة صناعة روبوت متناهي الصغر يمكن حقنه في جسم الانسان لغرض حقن الخلايا المصابة بالعقارات الطبية دون تعريض الخلايا السليمة للخطر يعد انجازا طبيا تتنافس عليه العديد من دول العالم اليوم من خلال التجارب المختبرية علي الحيوانات، ويمكن لهذا الانجاز ان يحقق تقدما في معالجة الخلايا السرطانية بشكل مباشر، كما ان هذه الروبوتات يمكن ان تؤدي دور المستكشف لجسم الانسان من خلال توجيهها باستخدام حواسيب متطورة لغرض الكشف المبكر عن الامراض واعطاء تقارير عن الوضع الحالي لخلايا الجسم، كما ان هناك العديد من الانجازات التي تحققت خاصة في مجال التصوير الاشعاعي والنواظير الدقيقة.

2- مجال الفضاء:

يعد الفضاء مجالا حيويا لتطبيقات النانوتكنولوجي، اذ تخصص وكالة الفضاء الامريكية (ناسا) أكثر من 40 مليون دولار سنويا لتنفيذ ابحاث وتجارب تهدف إلي استخدام تكنولوجيا النانو في مجال الرحلات الاستكشافية للفضاء الخارجي، وهناك معدات نانوية استخدمت فعلا خاصة بالأجهزة ومكونات الاقمار الصناعية ومعدات رواد الفضاء ومن المتوقع ان تتم الافادة من هذه التقنية بمجالات بناء الروبوتات صغيرة الحجم، وزيادة قدرة اجسام المركبات الفضائية علي تحمل درجات الحرارة العالية، فضلا عن فكرة بناء مسبار بحجم صغير ومجهز بأجهزة استشعار واستكشاف تفوق ما موجود منها الان وبتكاليف تصنيعية اقل.

3- مجال التسليح والصناعات الحربية:

واحدة من ردود الفعل السلبية علي تكنولوجيا النانو هو امكانية توظيفها في المجالات العسكرية، وظهور سباق تسلح جديد علي مستوي الاسلحة النانوية، وبالفعل بادرت بعض الدول منها علي وجه الخصوص الولايات المتحدة الامريكية واسرائيل بتخصيص ميزانيات ضخمة لمشاريع بحوث وتصنيع بهدف تطوير معدات نانونية تستخدم للأغراض العسكرية، منها علي سبيل المثال صناعة طائرات بحجم (الدبور) مجهزة بأجهزة مراقبة واستشعار وكاميرات تقارير إلي مقرات القيادة، فضلا عن امكانية تسليحها بأسلحة دقيقة جدا قادرة علي تدمير أهدافها بدقة متناهية، وهناك الكثير من السرية والغموض الذي يحيط بتجارب الدول علي استخدام هذه التكنولوجيا في المجالات العسكرية.

4- مجال الحواسيب ووسائط تخزين المعلومات:

تنافس الشركات الكبرى المتخصصة في تصنيع الحواسيب، على تحقيق انجازات مهمة في هذا المجال بالاعتماد على تكنولوجيا النانو، ويمكن تحديد الاتجاهات التطويرية على الحواسيب في ثلاثة اتجاهات رئيسية هي:

- زيادة سرعة المعالجات بالاعتماد على الموصلات الضوئية وخفض معدل استهلاك الطاقة والانبعاث الحراري.
- زيادة السعة التخزينية لذاكرة الوصول العشوائي RAM مع قدرتها على الاحتفاظ بالبيانات حتى بعد انفصال مصدر الطاقة.

- زيادة معدل الاحتفاظ بالطاقة لبطاريات اجهزة الحاسب والهاتف المحمول.
- انتاج وسائط خزن بيانات بسعات تخزينية تفوق ما هو موجود منها الان.

5– مجال الزراعة:

استطاعت النانو تكنولوجي في المجالات الزراعية حل العديد من المشكلات منها مشكلة الاستخدام السيء للمبيدات الحشرية والمخصبات التي اثارت الجدل حول اثارها الجاذبية السيئة، فالكل يعلم الدور الهام للمبيدات الحشرية في حماية المحاصيل الزراعية من الحشرات الضارة التي قد تدمر المحصول والمخصبات الضرورية لنمو النبات والتي لا غني عن استخدامها ولكن قدر يكون لهذه المبيدات اثارها سلبية علي صحة الانسان قد تؤدي في بعض الاحيان الي الاصابة بالسرطان اذا ما استخدمت بطريقة خاطئة، الي ان جاءت النانو تكنولوجي لتتيح الاستفادة من فوائد هذه المبيدات والمخصبات للنبات وتمنع وصول اخطارها للإنسان وكان ذلك باستخدام احد الطرق الثلاث الاتية:

اولا: عن طريق تصنيع هذه المبيدات في كبسولات نانومترية يستطيع الانسان التحكم الدقيق في معدل افراز المبيدات من الكبسولة، وبذلك ينتج جيل جديد من مبيدات حشرية صديقة للبيئة لا تظهر خصائصها القاتلة للحشرات الا داخل الحشرات الضارة فقط وبتركيزات قليلة جدا وبالتالي لا تصل اثارها الضارة للإنسان.

ثانيا: تصنيع المبيدات الحشرية ومخصبات النمو في الحجم النانومتري والاستفادة من زيادة كفاءتها بأقل التركيزات الممكنة.

ثالثا: تطوير جيل جديد من المبيدات والمخصبات الذكية عالية التخصص لحشرات معنية دون غيرها يمكن التحكم في عملها عن بعد في الوقت والمكان المناسب وبالتالي تحافظ على التوازن البيئي. والجدير بالذكر ان معظم هذه المبيدات اصبحت في طور الانتاج من قبل الشركات المتخصصة.

وعلى الجانب الاخر فان النانو تكنولوجي سوف تعيد للقطم قيمته الذهبية (الذهب الابيض) وخاصة القطن المصري طويل التيلة الذي اشتهرت به دلتا النيل لعقود من الزمان، وذلك عن طريق اضافة نسبة ضئيلة جدا من أنابيب الكربون النانومترية الي خيوط القطن وإذا بها تكتسب صلابة الفولاذ مع خفة وزن وصفات القطن الطبيعية بالإضافة الي انها تمنع مرور اشعة الشمس فوق البنفسجية الخطيرة الي جانب القدرة على امتصاص الغازات الضارة.

كما يري أحد الباحثين أنه يمكن ايضت للنانو تكنولوجي التغلب علي المشكلات الناجمة من التغيرات المناخية والتي قد تؤدي إلي فناء الكائنات الحية، ومن هذه المشكلات ارتفاع درجة حرارة الارض وما له من تأثير علي نمو النباتات، حيث يمكن انتاج نباتات تتحمل درجات حرارة عالية، إما عن طريق مساعدة النبات في امتصاص المفيد من أشعة الشمس وعكس الباقي او تطوير مبردات مائية علي هيئة كبسولات نانومترية يمتصها النبات تحتفظ بكميات من المياه داخل أجزاء النبات إلي فترات طويلة هذا إلي جانب تطوير خزانات المياه النانومترية

(جزيئات السيليكون المسامية المفرغة) التي تخزن مياه الأمطار في التربة حتي يستخدمها النبات في أوقات الجفاف وخصوصا في الاراضي الصحراوية.

6- مجال التغذية:

من حيث تحسين جودة الغذاء وخفض محتواه الضار من خلال التحكم في تركيب مكوناته الاساسية، وكذلك اضافة مكملات غذائية بالحجم النانوي مثل الفلزات الحرة من الحديد والزنك، كما تقوم تقنية النانو باستخدام زيوت السمك (اوميجا) في تغليف وتعبئة المواد الغذائية حيث يتم دمج انابيب نانونية تعمل على غلق المسام بهدف منع وصول الرطوبة الي الغذاء الطازج الموجود داخل العبوة.

7- مجال الطاقة:

تعد الطاقة هي الصناعة الاكثر تطلبا لرؤوس الاموال في العالم، وهي تمثل شبكة معقدة تكونت بفعل عدة عوامل مثل: النمو المتزايد لسكان العالم، النمو الاقتصادي وزيادة الطلب على الوقود، الهواجس بشأن الاحتباس الحراري العالمي، الارتفاع الحاد في اسعار النفط وغيرها، كل ذلك تطلب البحث عن مصادر بديلة للطاقة وتشير العديد من الابحاث الي ان تقنية النانو سوف تحدث ثورة في مجال استخراج الطاقة من مصادر نفطية ومتجددة.

8- المجال الصناعي:

يشهد العالم مع بداية الالفية الثالثة ثورة صناعية من نوع جديد الا وهي الثورة النانونية، والتي يصفها البعض. بانها الثورة الصناعة الاخيرة في تاريخ البشرية.

وتتلخص فكرة استخدام تقنية النانو في اعادة ترتيب الذرات التي تتكون منها المواد في وضعها الصحيح، وكلما تغير الترتيب الذري للمادة كلما تغير الناتج منها الي حد كبير.

ولقد كان هناك تساؤل يثار منذ فترة بعيدة عن التطورات التي يمكن ان تحدث في مجال التصنيع إذا ما تمكن الانسان من السيطرة على الذرة بشكل جيد والاستفادة منها كما ينبغي عن طريق تحريكها؟ وكان اول من اثار هذا التساؤل عالم الفيزياء ريتشادرد فينمان حيث تساءل عن (ماذا سيحدث إذا أصبح بمقدور العلماء ترتيب الذرات بالطريقة التي يريدونها؟

وقد جاء ذلك التساؤل في اطار اعلانه عن ظهور تقنية حديثة في مهدها الاول في ذلك الوقت، سميت بالتقنية النانوية او النانو تكنولوجيا ولقد مضي علي اعلان (فينمان) ما يربو علي اربعة عقود من الزمان حتي الان، وبالرغم من ان التطور في هذه التقنية قد تأخر نسبيا بالمقارنة بالتقدم المطرد في علوم الكمبيوتر مثلا، لكن هذه التقنية عاودت الظهور بكثافة عالية مؤخرا، علي هيئة مبتكرات وتقارير علمية في كثير من المطبوعات العلمية العالمية، وان كان هناك ثمة اتفاق علي ان عام 1990م هو البداية الحقيقية لعصر التقنية النانوية، ففي ذلك العام تمكن الباحثون في مختبر فرعي لاحدي شركات الالكترونيات العالمية العملاقة من صنع اصغر اعلان في العالم،

حيث استخدموا 35 ذرة من عنصر الزينون في كتابة اسم الشركة ذي الحروف الثلاثة علي واجهة مقر فرعها بالعاصمة السويسرية.

9– مجال الحفاظ علي البيئة من التلوث:

يعتبر التلوث البيئي من المشكلات الهامة التي تواجه الانسان في العصر الحديث، ومما يزيد من خطر التلوث البيئي انه لا يقتصر على موقع دون اخر، ولكل مشكلة من المشكلات البيئية تكلفتها الاقتصادية الخاصة، ولكن يمكن لتقنية النانو ان تلعب دورا مفيدا في المحافظة على البيئة كما يلي:

- زيادة امكانية الكشف على عناصر التلوث في المياه مبكرا.
- تنظيف الانهار من الجزئيات الملوثة.
- تقليل التكاليف المستثمرة في معالجة الملوثات.

وانطلاقا من تلك المجالات السابق تناولها خاصة فيما يتعلق بالمجال الزراعي سوف يقترح الباحث في المبحث التالي أحد مجالات التي قد يمكن الاستفادة من تقنية النانو في المجال الزراعي ومحاولة الاستفادة منها في الوصول الي منتج جديد بمواصفات أفضل وتكلفة اقل.

المبحث الثاني

استعمال تقنية النانو في الانتاج الزراعي

تحسين الانتاج الزراعي وزيادة كمية المنتجات الزراعية لتلبية حاجات السكان المتزايدة باستمرار هي أحد اهم الاهداف لأي سياسة زراعية في اي بلد، ولتحقيق هذه الاهداف تكون تقنية النانو هي السبيل، اذ تمثل التطبيقات النانوية في المجال الزراعي اهم اليات التوصل الي اساليب الزراعة الحديثة والتي تتلخص بالكلفة الاقتصادية الواطئة الناجمة عن انعدام الامراض الوبائية التي تصيب مختلف المحاصيل الاستراتيجية وزيادة كفاءة الاسمدة المصنعة مع قلة كلفتها المادية ومقاومة المنتج الزراعي للظروف البيئية متمثلة بالتحسين الوراثي من خلال اعادة ترتيب الجينات النباتية والحيوانية بواسطة توظيف الحبيبات والالياف النانونية والكبسولات في نقل الجينات المراد توصيلها الي خلية ما بصورة مباشرة بدلا من استعمال الفيروسات كناقلات لها وقد ادي ذلك الي امكانية زيادة كمية الجينات وكمية السيطرة علي الحمض النووي الذي يتم الافراج عنه وخروجه من الكبسولات داخل المكان المستهدف فقط من هيكل النبات وهذا اتاح اعادة ترتيب جينيات المحاصيل الزراعية لضمان انتاجية اكبر واضافة بعض الصفات المرغوب فيها. لذا تعد هذه التقنية مقياساً جديداً يخدم الزراعة ووفرة الانتاج ويخدم المزارعين الذين يفتقرون الي عناصر نجاح الزراعة في بلدانهم. ويمكن توضح دور تقنية النانو في الانتاج الزراعي من خلال ما يأتي:

1- الانتاج النباتي:

يشكل الانتاج النباتي أحد الجوانب الرئيسة للإمكانات الاقتصادية ودورها في تحقيق التنمية الزراعية من خلال توفير المادة الغذائية الرئيسة وتوفير فرص العمل من اجل تحسين المستوي المعيشي للسكان لسد متطلبات حياتهم الاقتصادية والاجتماعية، ومساهمته في انشاء المشاريع الصناعية من خلال توفيره للمادة الاولية لاسيما الصناعات الغذائية. لذا الاهتمام يكون كبير بتطوير الانتاج النباتي فكانت الدراسات والابحاث منصبة حول كيفية ادخال تقنية النانو في مجال الانتاج الزراعي وتوفير الغذاء فأصبحت هناك اتجاهات متعددة لتلك المحاولات ومن اهمها:

- استعمال المركبات النانونية في تحسين نوعية بعض المحاصيل الزراعية:

يوجد حاليا انواع مختلفة من العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات سواء الكبرى أو الصغرى في الصورة النانوية، مما يتيح استعمالها في العديد من المحاصيل سواء الحقلية او البستانية مثل النيتروجين والفوسفات والبوتاسيوم والحديد والزنك والكالسيوم وغيرها، وتستعمل في انتاج مواد تعبئة وتغليف ثمار الفاكهة والخضر لتقليل الفاقد وزيادة عمر الثمار والاحتفاظ بمواصفاتها لأطول مدة ممكنة، ومن أهم التطبيقات في المجال الزراعي النباتي هي:

- استعمال الكالسيوم النانوي رشا علي العنب المزروع تحت اجهاد الملوحة ادي لزيادة النمو الخضري وزيادة تركيز الكلوروفيل في الاوراق.
- استعمال اكسيد الزنك النانوي رشا علي الفول السوداني بتركيز (أقل 15 مرة) عن التركيز الموصي به للرش بكبريتات الزنك ادي لزيادة المحصول الكلي (30%).
- استعمال جزئيات السيلكا النانونية في حفظ الخضر والفاكهة تقلل من اصابتها بعفن البوتريتس اثناء الحفظ والشحن مما يزيد من مدة عمر الثمار ويقلل الفقد في الوزن ومعدل تنفس الثمار.
- استعمال جزئيات الفضة في الصورة النانوية على الريحان ادت لتحسين نمو النباتات وزيادة محصول البذور ورفع تركيز المواد الفعالة في الاوراق.
- استعمال الصورة النانوية للفضة علي زهور القطف ادي الي اطالة عمر الازهار.
- زيادة محتوي ثمار الطماطم من فيتامين (C) والمواد الصلبة الذائبة بالإضافة لزيادة صلابة الثمار عند التسميد بالزنك والحديد والكالسيوم في الصورة النانوية.
- تم استعمال اسمدة تقليدية مغلفة بمواد نانوية على نبات القمح مما ادي لزيادة انبات البذور حيث وصل الي (99%) وانعكس أثرها علي زيادة النمو الخضري وكمية المحصول، ويرجع ذلك لقدرة المركبات النانومترية على الوصول واختراق البذور وزيادة حيويتها من خلال تحسين امتصاصها للمواد العضوية الهامة وتحسين وظائفها الحيوية.

– دور الاسمدة النانوية في نمو النبات:

تعرف الاسمدة النانوية بانها عبارة عن مركبات كيميائية غير عضوية تضاف لتشجيع نمو النبات وانتاجه، وتؤدي الاسمدة النانوية دوراً مهمة في تغذية النبات سواء اكان رشها على المجموع الخضري ام تم اضافتها من خلال المعاملات الارضية مثل زيادة نشاط عمليات التمثيل الضوئي (من خلال زيادة محتوي الاوراق من الكلوروفيل) وزيادة قدرة المحاصيل علي تحمل ظروف الاجهاد المختلفة، وزيادة مقاومة المحاصيل للأمراض، والمحافظة على الصفات الجينية المطلوبة للمحاصيل الزراعية المختلفة، وزيادة المواد الفاعلة في النبات. اي استعمالها كبديل للأسمدة التقليدية او كحوامل لمكوناتها له مميزات متعددة يمكن من خلالها تحقيق الفوائد للنبات والبيئة واهم تلك المميزات:

- الاسمدة النانوية ذات حجم صغير جدا فلا تحتاج مساحات كبيرة.
- يتم استعمالها رشا علي المجموع الخضري فيستفيد منها النبات بصورة أسرع.
- سريعة لامتصاص مما يتيح استعمالها في الاوقات المطلوبة تبعا لاحتياجات النبات الفعلية.
- لا يحتاج الفدان الا كميات قليلة منها فمثلا نجد ان استعمال (1كجم) فقط من سماد النانو فوسفات يكون بديلا عن (200–150) كجم سماد سوبر فوسفات في مزارع الموالح.
- تساعد الاسمدة النانوية في حماية البيئة، وصحة الانسان.
- تزيد من ربحية المزارع نظرا لتقليل مصاريف التسميد والرش.
- ان استعمال الاسمدة النانوية يساعد على تقليل استهلاكنا للموارد والطاقة بقدر كبير مما يؤدي لتحقيق التوسع الاقتصادي الصديق للبيئة.
- استعمال الاسمدة النانوية يساعد على مشاكل تلوث التربة والمياه وتقليل الانبعاثات الكربونية لمصانع الاسمدة التقليدية والتي تسبب التغيرات المناخية الحادة.
- ان استعمال الاسمدة النانوية في الظروف البيئية غير الملائمة يؤدي لتقليل الاجهاد الذي تتعرض له النباتات.
- يؤدي نقع البذور في الاسمدة النانوية لتحسين انباتها وزيادة قوة البادرات علي تحمل الظروف البيئية الطبيعية المختلفة.
- تعد الاسمدة النانوية نتيجة تلك المميزات أفضل من الاسمدة التقليدية وأكثر فعالية وكفاءة ومن اهم انواعها:
- سماد النتروجين النانوي.
- سماد الفسفور النانوي.
- الاسمدة البوتاسية النانوية.

–تطبيقات النانو في مجال المبيدات الزراعية: اسهمت التقنية في العمل علي تحسين قوة المبيدات الكيميائية مع تخفيض تكلفة المعالجة الكيميائية للمحاصيل مما يعطي فعالية كبيرة في القضاء علي الحشرات والآفات التي تفتك

بالمحاصيل الزراعية وبشكل منتخب لا يضر بقية انواع الكائنات الحية المفيدة زراعيا والتي توجد جنبا الي جنب مع تلك الضـــارة منها مع كونها مأمونة الاســـتعمال، امكن كذلك صـــنع كواشـــف (عوامل) نانوية لها القدرة علي اكتشاف الامراض التي تصيب النباتات وعرضها بشكل واضح مما يساعد المنتجين علي مراقبة محاصيلهم بطريقة اكثر علمية واحترافية. وقد قدمت تكنولوجيا النانو حلا لمشـكلة المبيدات الحشـرية تضـمن الاسـتفادة من فوائد المبيدات وتمنع وصول اخطارها الي الانسان وذلك عن طريق ما يأتي:

1- تغليف المبيدات في كبسولات نانومترية يمكن التحكم الدقيق في معدل افراز المبيدات فيها.

2- تصنيع المبيدات الحشرية بالحجم النانومتري والاستفادة من زيادة كفاءتها باقل التركيزات الممكنة.

3-تطوير جيل جديد من المبيدات عالية التخصص لحشرات معينة دون غيرها يمكن التحكم في عملها عن بعد.

تطبيقات النانو تكنولوجي في طرائق الري:

تعمل هذه التقنية علي تخفيض سـرعة تدفق المياه الي التربة والتحكم في معدل جرياها السـطحي من اجل تخفيض معدلات تبخرها الي ادني حد ممكن، من خلال طريقة ري تعتمد علي توظيف معدن الزيوليت اذ يعد أحد المعادن البلورية الموجودة في الطبيعة يتكون من ثلاث عناصـــر هي الســـليكون والالمنيوم والاوكســـجين، ويســـمح التركيب الاســـفنجي لهذا المعدن المؤلف من مســـام دقيقة وفجوات نانوية الابعاد في ان يمتص الســـوائل بما يعادل نصف حجمه، واستغلت هذه الخاصية في مجال ري النباتات والمحاصيل الزراعية، حيث توضع تلك الحبيبات في التربة فتخزن جزء كبيرا من مياه الري داخل هياكلها المسامية لتقوم بإخراجها بمعدلات بطيئة توفر استدامة عملية ري الاراضـي الزراعية، وتوفر هذه الطريقة مزايا متعددة تتمثل في تخفيض كميات مياه الري المسـتعملة مع تخفيض المفقودة منها نتيجة التبخير او التسرب داخل التربة، كما تحقق نمو جيد للمحاصيل الزراعية، وتحسين كفاءة اسمدة تغذية التربية، وزيادة انتاجية المحصـول، وتحسـين جودة التربة ونوعيتها علي المدي الطويل، وتقليل فقدان العناصـر الطبيعية الموجودة في التربة.

2- الانتاج الحيواني:

تصبح تقنية النانو خيارا مهما وكفوء في مجال صحة الحيوان وتحسين نوعه وزيادة الانتاج منه عن طريق استعمالها في مجال اللقاحات والادوية البيطرية، فقد استعملت الكبسـولات النانوية لحماية العديد من الانزيمات والبروتينات التي تؤثر في نسـب غذاء الدواجن والحيوانات الحقلية من اجل زيادة الانتاج كما ونوعا، وان اسـتعمال اللقاحات والمضـادات الحيوية والمعززات الحيوية سـوف يكون اكثر فاعلية عند اسـتعمالها في المسـتوي النانوي فضـلا عن ان استعمال الكبسـولات النانونية للأدوية سـوف يعطي نتائج سـريعة وتأدية الغرض العلاجي في مدد اقل وبجرع اقل ويؤدي استعمال الجسـيمات النانونية مثل الفضـة الي كفاءة عالية ضـد العديد من المسـببات المرضـية التي تصـيب الدواجن وحيوانات الحقل، ويمكن اســتعمال تلك الجســيمات في تحطيم الخلايا الســرطانية في الحيوانات، في ما اســتعملت انابيب الكاربون النانوية بواســطة حقنها تحت جلد الحيوان كمتحســس نانوي يؤشــر ويحدد الوقت

الحقيقي لدوره الشبق وهرومون الاستروجين وبالتالي تحديد الوقت الحقيقي للتلقيح مما يوفر الوقت والجهد والكلفة في اعطاء توقيت حقيقي لعمليات التلقيح والتكاثر.

يعد الاستزراع المائي السمكي أسرع قطاع غذائي نموا في العالم مع تزايد دوره في الاقتصاد واستراتيجية الغذاء الامن للبلدان، لذا تعد تقنية النانو ذات اهمية كبيرة لما لها من تطبيقات في جميع مجالات الاستزراع السمكي مثل مجال التغذية والاعلاف فقد استعملت هذه التقنية في تجهيز الاعلاف لجميع انواع الاسماك، وذلك عن طريق تحسين الخصائص الكيميائية والفيزيائية والغذائية في مختلف مراحل التصنيع، اذ تعتمد الاسماك في تغذيتها علي الاعلاف التي تقدم لها بصورة حبيبات والتي بدورها تحتوي علي جميع متطلبات الاسماك الغذائية اليومية من بروتين ودهون وكربوهيدرات ومعادن وفيتامينات وعند استعمال تقنية النانو بتصنيع الاعلاف وزيادة جودتها وجعلها كجسيمات نانونية والذي بدوره سيرفع من القيمة الغذائية لحبيبات الاعلاف وذلك يسهل مرورها وامتصاصها داخل انسجة امعاء الاسماك ويعطيها افضل استفادة من الغذاء ويقلل كمية الفضلات غير المهضومة التي تخرج منها وبالتالي تحافظ علي جودة ميادة الاستزراع من ارتفاع المواد العضوية بها، وتعمل تلك التقنية ايضا علي تغليف حبيبات الاعلاف بطبقة من مواد غير ضارة معاملة بتقنية النانو لزيادة بقاء حبيبات الاعلاف في الماء لمدة طويلة جدا دون تفتت او ذوبان وبالتالي تقلل من الفقد الكبير في الاعلاف في الماء لمدة طويلة جدا دون تفتت او ذوبان وبالتالي تقلل من الفقد الكبير في الاعلاف وضمان جودة المياه. وعن طريق هذه التقنية يمكن عمل اعلاف صغيرة الحجم يقاس قطرها بالميكرو خاصة لاستعمالها في مجال التفريخ حيث ان الاعلاف الموجودة لا يستطيع السمك الصغير التعامل معها او التهامها لصغر حجم الفم وكبر حجم حبيبة العلف لذلك تسهل تقنية النانو عمل اعلاف خاصة لهذه الاحجام الصغيرة مما يعمل علي زيادة احجام الزريعة بصورة أسرع من حجم الفقد في هذه الزريعة مما يعمل علي زيادة الربح في النهاية.

3–تطبيقات تقنية النانوية في مجال الغذاء:

1–الزراعة الدقيقة:

الغرض من الزراعة الدقيقة هو زيادة المخرجات وتقليل المدخلات (الاسمدة والمبيدات الحشرية والنباتية) من خلال مراقبة المتغيرات المناخية واتخاذ بعض الاجراءات المستهدفة وتستخدم فيها اجهزة الاحساس والمراقبة النانوية حيث توزع في الحقول الزراعية وتراقب حالات التربة، الاسمدة، الكيماويات، الآفات، الملوثات واستخدام المياه وتقيس حالة المناخ لمعرفة ان كانت المحاصيل تنمو بأكبر كفاءة وتحدد طبيعة ومكان GPS المحلي وتربط بنظام المشكلة ثم يتم معالجتها. كل هذا سيؤدي الي انتاج زراعي كبير بتكلفة قليلة ويؤدي الي تقليل الفضلات الزراعية وتلوث البيئة.

2-انظمة التوصيل الذكية:

استخدام اجهزة نانوية بخواص متميزة لجعل الانظمة الزراعية تتسم بالذكاء ويصبح معها من الممكن استخدام اجهزة تبين حالة النباتات الصحية والامراض المحتملة قبل ان تظهر للفلاح. وهي اجهزة تعمل كواقية ومحذرة، ومن الممكن استخدامها ايضا لتوصيل الكيماويات العلاجية بشكل متحكم فيه وموجه بنفس الطريقة المستخدمة في الطب النانوية في توصيل الادوية للإنسان. وكذلك فان التطورات في الطب النانوية قد بدأت في معالجة امراض مختلفة مثل السرطان في الحيوانات، والتوصيل الموجه للأدوية. العلماء يعملون على انتاج انظمة نانوية لتوصيل حمولتها بطريقة متحكم فيها (بسرعة او ببطء) بالتفاعل مع اشارات مختلفة مثل الحرارة، الرطوبة وغيرها. والبحوث الجديدة في هذا المجال تهدف الي جعل النباتات تستخدم الماء، المبيدات والاسمدة بشكل أكثر كفاءة لتقليل التلوث وجعل الزراعة صديقة للبيئة.

3-التغليف وامن الغذاء:

تطوير التغليف الذكي للمنتجات من اجل المحافظة علي جودة وسلامة الاطعمة وحفظها بشكل يجعلها طازجة. تقنية النانو تعمل علي تحسين خواص مواد التغليف من الناحية الميكانيكية والكيماوية وجعلها قوية ومقاومة للحرارة وظروف البيئة، وتعمل على تطوير أسطح نشطة مضادة للميكروبات والفطريات وتحس باي تغييرات بيولوجية او كيماوية. وهناك مجموعة من الشركات والمؤسسات تطور انظمة تغليف ذكية مثل تلك التي تستعمل اجهزة احساس تتأثر بالغازات وتغير لونها عند فساد الغذاء وخروج الغازات منه، واخري تستخدم مواد نانوية تقلل دخول الاكسجين وتحافظ على رطوبة المنتج. وهناك اجهزة احساس للكشف عن تلوث المنتجات الغذائية في نفس الوقت، واخري للكشف عن تواجد المبيدات في الفواكه والخضروات وغيرها من الاجهزة والانظمة النانوية التي تساعد علي امن وسلامة الاغذية.

4-معالجة الاغذية:

تقنية النانو لها تأثيرات كبيرة على تطوير الغذاء الوظيفي والتفاعلي الذي يستجيب لاحتياجات الجسم ويستطيع ان يوصل التغذية بشكل أكثر كفاءة. مجموعات بحث كثيرة تشتغل لتطوير طعام وقت الحاجة، الذي يبقي نائما في الجسم ويوصل التغذية عند الحاجة لها، وتطوير كبسولات نانوية موجودة في الغذاء لتوصيل التغذية وكذلك اضافة نوع من الجسيمات النانوية للطعام الحالي لزيادة امتصاص المغذيات، بعض الشركات تدرس توصيل المغذيات في شكل جسيمات نانوية الي الخلايا مباشرة واخري تدرس الاغذية الذكية تطلق المغذيات للاستجابة لأوجه القصور المكتشفة من اجهزة الاحساس النانوية.

4-تطبيقات التقنية النانوية في مجال الزراعة هي:

1-المعالجة البيولوجية: لقد لعبت تقنية النانو دور كبير في العلاج الميكروبي في النظام الزراعي حيث ان بعض المواد الكيميائية مثل المبيدات هي مقاومة او بطيئة الانحلال في الطبيعة ومن ثم تبقي في البيئة لوقت اطول وقد

تدخل في السلسلة الغذائية مسببة مشاكل صحية خطرة، من خلال تطبيق تكنولوجيا النانو هذه يمكن ان تحلل المركبات السامة والضارة تحت ظروف معينة.

2–تحسين جودة المنتجات الزراعية: اثبتت الدراسات زيادة الخصائص الغذائية والفوائد الصحية ذات الصلة بالمنتجات الزراعية من خلال تطبيق النانو تكنولوجي التي جذبت اهتمام المستهلكين وصناعة الاغذية في هذا المجال. اثبتت الدراسات ان الرش برذاذ الجسيمات النانوية مثل الزنك ادي الي زيادة ملحوظة في البروتين النباتي والالياف.

مشاكل استعمال تقنية النانو تكنولوجي في الزراعة والغذاء:

توجد مشاكل متعددة لاستعمال تقنية النانو في قطاع الزراعة والاغذية ومعظمها متعلق بالصحة والسلامة، ولكن اهم هذه المخاطر تتمثل بالآتي:

1–الحجم الصغير للجزئيات النانوية وسرعة انتشارها لدرجة تتخطي الحواجز التشريحية وتنتشر بسرعة في الجسم مع وجود سمية محتملة.

2–ان تداول الاسمدة النانوية ومبيدات الآفات والتي يمكن تسربها بسهولة الي التربة او الماء او الجو قد يؤدي الي زيادة المخاطر الصحية للمزارعين.

3–تحدث مخاطر محتملة علي صحة الانسان بسبب انتقال المواد النانوية من المواد الملامسة للأغذية الي الغذاء وهذا يعتمد علي مستوي سمية المواد النانوية المستعملة.

الاستنتاجات:

نستنتج من ذلك ان استخدام التقنيات النانوية تقليل تطبيقات منتجات وقاية النباتات، وكذلك تقليل خسائر المغذيات في الاخصاب، تؤدي الي زيادة المحاصيل من خلال تحسين ادارة المغذيات في الزراعة الحديثة، ان الجسيمات النانوية الحد من كمية المواد الكيميائية المنتشرة وتحافظ على البيئة. قد تؤثر الابتكارات النانوية للزراعة على صحة الانسان والبيئة. يمكن ان تساعد التقنية النانوية في الزراعة الدقيقة والتنمية الزراعية المستدامة.

التوصيات:

- تجنب السلوكيات الخاطئة في التعامل مع المواد النانوية وذلك لوجود تأثيرات المواد النانوية على حيوية الجسم البشري.
- لابد من تقويم دورة الحياة الكاملة لتلك الجزئيات النانوية، متضمنة عملية تصنيعها، تخزينها وتوزيعها بالإضافة الي تطبيقها واساءة استخدامها والتخلص منها كذلك. كما ان التأثيرات الناجمة علي البشر والبيئة قد تتنوع وتتغير خلال مراحل عديدة من دورة حياتها.

المراجع

أحمد حجازي (2012): تكنولوجيا النانو الثورة التكنولوجية الجديدة، عمان، الاردن، دار المعرفة للنشر والتوزيع، ص 90.

حسام قصار (2018): استخدام تكنولوجيا النانو في الزراعة، مجلة الزراعة، ع (56)، ص 55.

حسن عز الدين بلال (2018): تقنية النانو وافاقها المستقبلية، وزارة الثقافة، س 57، ع 657، ص 104-81.

حيدر طالب حسين وناصر معروف ناصر وزيد جعفر هاشم (2017): تأثير مدة الري والمواد النانوية في بعض صفات نمو وحاصل حنطة الخبز، جامعة الفرات الاوسط التقنية، الكلية التقنية المسيب، مجلة المثنى للعلوم الزراعية، ص 51.

خلدون غسان) 2005(: النانو تكنولوجيا. اعجوبة العالم الجديد، جريدة الشرق الاوسط، العدد 9891.ص 6

رحاب فايز احمد (2012): تكنولوجيا النانو في مجال المعلومات والاتصالات مجلة اعلم، العدد (11)، جامعة بني سويف، الرياض، ص 51.

رمزي الغزوين (2013): النانو تكنولوجي، مجلة الدستور، العدد رقم 16608، السنة 47، ص 5.

عبد الرحمن محمد (2010): استخدام النانو تكنولوجي في مجال الزراعات العضوية، ندوة تكنولوجيا النانو وبعض تطبيقاتها، الجمعية العلمية لحماية البيئة بكلية الزراعة، جامعة كفر الشيخ، ص 7

عدنان كريم وعلي مهدي البرماني (2016): الاهمية الاقتصادية لتكنولوجيا النانو، مجلة العلوم الاقتصادية والادارية، المجلد (22)، ع (92)، الجامعة التكنولوجية، بغداد، ص 415.

علي يوسف (2015): النانو تكنولوجي وتطبيقاته في المستقبل، الجمهورية العربية السورية، المركز الوطني للمتميزين، ص 5.

فؤاد نمو الرفاعي (2016): مفاهيم اساسية في تقنية النانو، كلية العلوم، جامعة ذي قار، ص 15.

قصي مراد نعمة الشامي (2019): استجابة محصول البطاطا لأسمدة العناصر الكبرى النانوية NPK، رسالة ماجستير (غ.م)، كلية الزراعة، جامعة القادسية، ص 18-5.

ماجد عبد التواب (2010): النانو تكنولوجي والبيئة، ندوة تكنولوجيا النانو وبعض تطبيقاتها، الجمعية العلمية لحماية البيئة بكلية الزراعة، جامعة كفر الشيخ، ص 8.

مجدي فاروق (2010): تطبيقات النانو تكنولوجي في المجالات الزراعية، ندوة تكنولوجيا النانو وبعض تطبيقاتها، الجمعية العلمية لحماية البيئة بكلية الزراعة، جامعة كفر الشيخ، ص 3.

محمد بن عبده مسلم واحمد عبد الفتاح محمود وعلي بن حسن عبد الرحمن (2010): تقنية النانو الواقع والنظرة المستقبلية، النشر العلمي والمطابع، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية، ص 1.

محمد عبد الواحد فليح (2018): انخفاض التكاليف المباشـــرة في البيئة الحديثة ودوره في تحقيق الميزة التنافســـية: دراسة تطبيقية في البرنامج الوطني لتنمية زراعة الحنطة في العراق، مجلة الادارة والاقتصـاد، الجامعة المستنصـرية، س 41، ع114، ص 279-262.

منير العبد الله (2008): الوجه المرعب للنانو، مجلة النانو، العدد الاول، معهد الملك عبد الله لتقنية النانو، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية، ص 3.

نور الدين شـوقي علي و حياوي ويوة الجوذري (2017): تطبيقات التقنية النانوية للمغذيات الصـغرى في الانتاج الزراعي، مجلة العلوم الزراعية العراقية، مج (4)، عدد (48)، ص 990-984.

نور الدين شـــوقي علي وحياوي الجوذري (2017): تطبيقات التقنية النانوية للمغذيات الصـــغرى في الانتاج الزراعي، مجلة العلوم الزراعية العراقية، مج 48، ع 4، ص 987.

وليام ريتشاردز (2008): محاضرة عن تقنية النانو، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية. ص 2

يمنية حمدي)2014(: تقنية النانو تخترق العجز التاريخي، الموسوعة العربية لتقنية النانو 28 مايو موسوعة الكترونية:

ينال القدسـي واريج الخضـر وابراهيم الغريبي وصـالح هادي السـالم ومحمد علي وعادل المنوفي (2021): دور تقنية النانو في تحســين انتاجية المحاصــيل الحبية ودعمها للاقتصــاد الزراعي في المرحلة الراهنة، اكاديمية البحث العلمي والتكنولوجي، مج 4، عدد 1، ص 17-1.

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.

Aston, D. (2011): Nanotechnology: the Stuff Science Fiction or Science Fact", School Science Review, Vol. (92), No.(4), p.340.

Bordes, Perrine, Eric Pollet, and Luc Avérous. 2009. Nano- biocomposites: Biodegradable polyester/nanoclay systems. Progress in Polymer Science 34 (2):125-155. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2008.10.002.

Bouwmeester, H., S. Dekkers, M. Noordam, W. Hagens, A. Bulder, C. de Heer, S. ten Voorde, S. Wijnhoven, and A. Sips. 2007. Health impact of nanotechnologies in food production. Wageningen UR: Institute of Food Safety, and National Institute of Public Health & the Environment; Center for Substances and Integrated Risk Assessment.

Busch, Lawrence. 2008. Nanotechnologies, food, and agriculture: next big thing or flash in the pan? Agriculture and Human Values 25 (2):218-215. doi: 10.1007/s10460-008-9119-z.

Chaudhry, Qasim, Michael Scotter, James Blackburn, Bryony Ross, Alistair Boxall, Laurence Castle, Robert Aitken, and Richard Watkins. 2008. Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. Food Additives & Contaminants: 25 (3):241-258. doi: 10.1080/02652030701744538.

Chaudhry, Qasim, Michael Scotter, Laurence Castle, James Blackburn, Alistair Boxall, Robert Aitken, and Bryony Ross. 2007. Assessment of the potential use of nanomaterials as food additives or food ingredients in relation to consumer safety and implication for regulatory controls. Food Standard Agency. London.

Chih, L.(2006): Establishing aK-12 Nanotechnology Program for Teacher Professional Development, Inst. Of Appl. Mech., Nat. Vol. (49), No. (1), p (143).

Chu, Shaw-Chang, Jay Kin Keung and Tien-Keui Su. 2003. Coated films with improved barrier properties. ExxonMobil Oil Corporation. Fairfax, VA. United States Patent 6599622.

Chu, Shaw-Chang, Jay Kin Keung and Tien-Keui Su. 2003. Coated films with improved barrier properties. ExxonMobil Oil Corporation. Fairfax, VA. United States Patent 6599622.

Claudia, P. ; Mauro, V.; Emilio, R (2015): Agricultural Nanotechnologies: What are the current possibilities?, Journals & Books of Science Direct, Vol 10, No. 2, p.124-127.

D. Pimentel and M. Burgess, "Environmental and Economic Benefits of Reducing Pesticide Use," in Integrated Pest Management, D. Pimentel and R. Peshin, Eds. Dordrecht: Springer Netherlands, 2014, pp. 127– 139.

Ditta Allah (2012). How helpful is nanotechnology in agriculture? Adv. Nat. Sci.: Nanosci. Nanotechnol. Available online at Doi:10.1088/-2043 6262/3/3/033002

Elias, E. ; Ifeyinwa, M., Damian (2019): The Role of Nanotechnology in the Fortification of Plant Nutrients and Improvement of Crop Production, Journal of applied science, 9(3), 499.

Fahrner, W. (2004) : Nanotechnology and Nano electronics Materials, Devices, Measurement techniques: NY: Springer, p.265.

Ferry, B. (2009) : Using Mobile Phones to Enhance Teacher Learning in Environmental Education, University of Wollongong. P.138

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 1567-1823:1553.

Foster, E. (2006): Nanotechnology: Science, Innovation, and Opportunity, Prentice Hall, United States.

Healy, N. (2009): Why Nano Education ? Journal of Nano Education. Vol. (1), pp.(6-7).

Jun, Y,. ; Huhm, M., Choimm, S., Leem, J. , Songm, H., Kimm, S., Yoonm, S., Kim, K., Suh, J. & Cheon, J.(2005): Nano scale Size Effect of Magnetic Nanocrystats and their Utilization for Cancer Diagnosis via Magnetic Resonance Imaging, J.A.]m. Chem. Soc. 127:5732-5733.

Mansoori, G. (2005): Principles of Nanotechnology Molecular Based Study of Condensed Matter in Small Systems, World Scientific Publishing Pte. Ltd., Singaphre.

Meetoo D (2011), "Nanotechnology and the Food Sector: From the Farm to the Table",Emirates J. Food Agri., Vol. 23, No. 5, pp. 387- 403.

Meetoo D (2011), "Nanotechnology and the Food Sector: From the Farm to the Table",Emirates J. Food Agri., Vol. 23, No. 5, pp. 387- 403.

Mehndiratta, P., Jain, A., Srivastava, S. & Gupta, N., (2013): Environmental Pollution and Nanotechnology, Environment and Pollution, Canadian Center of Science and Education, Vol. (2), No. (2). Pp (49-58.

Monique A.V. Axelos and Marcel (2017): Van de Voorde Nanotechnology in Agriculture and Food science, p.27.

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 pp89.

Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems – "a report from the USDA workshop (2003) www.nseafs.cornell.edu/web.roadmap.pdf

Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems – "a report from the USDA workshop (2003) www.nseafs.cornell.edu/web.roadmap.pdf

ones Nicole, Binata R, Koodali T Ranjit and Adhar C M (2008)," Antibacterial Activity of ZnO Nanoparticle Suspensions on a Broad Spectrum of Microorganisms", Fems Microbiology Letters, Vol.279 , No.1 , pp.76-71

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.

Prasanna B.M. (2007). Nanotechnology in Agriculture. Available online at http://www.iasri.res.in/design/ebook/EBADAT/6 - Other%20Useful% 20 Techniques/ 10nanotech_in_Agriculture__BM_Prasanna__1.2.2007 .pd

Rubahn, G. (2008): Basics of Nanotechnology , Willey, United States.

S. Viswanathan, H. Radecka, and J. Radecki," Electrochemical biosensor for pesticides based on acetylcholinesterase immobilized on polyaniline deposited on vertically assembled carbon nanotubes wrapped with ss DNA, "Biosensor. Bio electron., vol.24 , no.9 , pp.2772 – 2777, May 2009

Schulte,J. (2005), Nanotechnology Global Strategies, Industry Trends and Applications, John Wiley & Sons, Ltd West Sussex Po 1985 Q, England.

Stander, L. & Theodore, L (2011): Environmental Implication of Nanotechnology – An Update, International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol. (2), pp.(470-479).

Wolf, L. (2006): Nanophysics and Nanotechnology, Willey, United States.

Wolf, L.(2006): "Nanophysics and Nanotechnology, Willey, United States.

Xiaojia, H.; Hua, D. & Huey, M. (2019): The current application of nanotechnology in food and agriculture, Journal of Food and Drug Analysis, Volume 27, Issue 1, January 2019, Pages 1-21.