

**تأثير جسيمات الفضة النانومترية على إنبات ونمو حبوب صنفين من
Triticum aestivum L القمح**

د. محروس عبدالله باحويرث³¹ د. سالم فرج بامسعود³²

1 قسم علوم الحياة- كلية العلوم – جامعة حضرموت- المكلا- اليمن bmahroos@gmail.com

2 قسم الفيزياء- كلية العلوم- جامعة حضرموت- المكلا- اليمن saalem88@hu.edu.ye

3 مركز البحوث الطبيعية والتطبيقية- مؤسسة حضرموت للاختراع والتقدم العلمي-

المكلا-اليمن

تأثير جسيمات الفضة النانومترية على إنبات ونمو حبوب صنفين من

Triticum aestivum L. القمح

المخلص

تأثيراً معنوياً للمحلول M_2 على سرعة الإنبات وطول الجذير ووزنه الطري والجاف. كما أثر محلول M_1 معنوياً على طول الريشة ووزنها الطري. كذلك تفوق صنف حضرموت 3 معنوياً على الصنف كليانسونا في سرعة الإنبات وطول الريشة والجذير. اما الصنف كليانسونا فقد تفوق في الوزن الطري والجاف لكل من الريشة والجذير على الصنف حضرموت 3. أيضاً لوحظ وجود فروق معنوية في التداخل بين الصنفين وتراكيز المحلول

الكلمات المفتاحية: جسيمات فضة، حبوب القمح، نسبة الإنبات، الجذير.

تُفذت تجارب مختبرية لدراسة تأثير غمر صنفان من القمح في إنبات ونمو حبوب القمح قبل زراعتها. غُمرت الحبوب في محاليل النشأ الحامل لجسيمات الفضة النانومترية المستقرة ذات جسيمات مختلفة الحجم (M_1 ، M_2 ، M_3) والمحضرة من محلول نترات الفضة (0.0005 و 0.001 و 0.002). غُمرت الحبوب لمدة 20 دقيقة في المحاليل، إضافة للماء (M_0)، ثم وضعت كل عشرة حبوب في طبق بتري بواقع أربعة مكررات لكل معاملة. تم قياس نسبة وسرعة الإنبات، وطول الريشة والجذير، والوزن الطري والجاف للريشة والجذير بعد مرور 14 يوماً. بينت النتائج

The Effect of Silver Nanoparticles on the Germination and Growth of two Cultivars of wheat *Triticum aestivum* L.

Mahroos A. Bahwireth¹³ and Salim F. Bamsaoud ²³

¹Biology Department–Faculty of Science, Hadhramout University-Mukalla-Yemen. bmahroos@gmail.com

²Physics Department–Faculty of Science, Hadhramout University- Mukalla-Yemen. saalem88@yahoo.com

³Center for Natural and Applied Science-Hadhramout Foundation of Invention and Advancement of Science Mukalla-Yemen

Abstract

Experiments were performed in order to study the effect of immersing process on wheat Grains using uniform starch-stabilized silver nanoparticles (SNps). SNps, (M1,M2, and M3), were synthesized using silver nitrate (0.0005, 0.001and 0.002 M). The effect of SNps on seed germination, hypocotyls and semi root lengths of two Cultivars of wheat Grains *Triticum aestivum* L (Hadhramout3 and Kalisona), was investigated. The wheat Grains were immersed for 20 minutes into the prepared SNps, along with distilled water as a control (M0). The Grains allowed to grow in petri dishes and measurements were taken after two weeks. For aqueous SNps prepped by 0.001M, the results show a remarkable

effect on seeding speed, root length, dry and wet root weight. SNs prepared from 0.0005M show an observed a significant effect on length plumule and its wet weight. Significantly Hadhramout 3 shows better results in seeding speed, rootlet length and plumule length, while Kalisona shows better results in wet and dry weight for rootlet and plumule root. Significant differences were notified in the two types and the concentration of the solutions.

Keywords: Silver Nanoparticles, Wheat Grains, Germination Percentage, Rootlet

مقدمة:

جسيمات الفضة النانومترية Silver Nanoparticles هي جسيمات يتراوح حجمها ما بين (1-100 نانومتر). وقد نالت تقنية النانو موقع بارز بين الطرق المبتكرة لتطوير العمليات الزراعية والإنتاجية. تنوع أساليب تحضير جسيمات المواد النانومترية في مجال أبحاث علوم المادة والطاقة والطب والأحياء حيث أعطت تسهيلات في استخدام تقنية النانو وتوسيع سبل تطبيقاتها في المحاصيل المعدلة وراثيا وكذا تقنيات إنتاج المواد الكيميائية الزراعية الدقيقة. وحاليا تسارع إنتاج واستخدام تكنولوجيا النانو بشكل كبير. فهناك العديد من الطرق المختلفة لتحضير جسيمات الفضة النانومترية منها طرق كيميائية وفيزيائية وطريقة الاختزال الضوئي والاختزال الكهروكيميائي والتبخير الحراري (Das et al. 2013).

يهتم علم النانو Nanoscience بدراسة المبادئ الأساسية للمركبات التي لا يتعدى حجمها الـ 100 نانومتر. كما يهتم بتعيين خواصها وخصائصها الكيميائية والفيزيائية مع دراسة التأثير المرتبط بها والناشئة عن حجمها المُصغَّر، كما يدرس هذا العلم طرق التحكم التام والدقيق في إنتاج المادة من خلال التحكم في عدد الذرات التي يتكون منها جسيم المادة، فخصائص المادة الناتجة تتغير إلى حد كبير باختلاف عدد ذرات الجسيم الداخلة في تكوين المادة (الاسكندراني 2010; نايقا 2009). حديثاً تم الاستفادة من تقنية النانو في الدراسات الزراعية. حيث استخدمت عناصر ومركبات غير عضوية مثل أكسيد النحاس (Pelegrino et al. 2020)، والذهب (Alshehddi and Bokhari 2020)، والكربون في دراسة تأثيرها في نمو النباتات (Nur Azura et al. 2017). أوضح العديد من الباحثين أن جسيمات الفضة النانومترية هي من أكثر المواد النانومترية استخداماً تجارياً في نمو النباتات ومقاومة الأمراض (Chen and Schluesener 2008; Park et al. 2006; Zhang 2003). كما حاول العديد من الباحثين فهم تأثير نانو الفضة على إنبات ونمو العديد من المحاصيل، حيث درسا (Abou-Zeid and Moustafa 2014) تأثير جسيمات الفضة النانومترية في صنفين من القمح وصنف شعير، ولاحظا زيادة نسبة الإنبات وطول الساق وانخفاض طول الجذر مقارنة بالشاهد Control (معامل المقارنة). وأشارت نتائج (Hojjat 2015) أن التراكيز المنخفضة من نانو الفضة زادت من إنبات البذور ونمو البادرات وطول الجذير لنبات الحلبة. وتطرقَ Yin et al. (2012) لدراسة التأثير الذي قد تحدثه جسيمات الفضة النانومترية في عملية إنبات أحد عشر نوعاً من النباتات البرية، ومن نتائج هذه الدراسة وجدت أن جسيمات نانو الفضة عززت معدل إنبات نوع واحد. وبينت نتائج (Sharma et al 2012) أن جسيمات الفضة النانومترية قد تحسّن نمو النبات. ومن الممكن أن يؤثر صغر حجم الجسيمات النانومترية في تغيير بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد، والذي قد يؤدي إلى إحداث تأثير حيوي ضار في الخلايا الحية (Nel et al. 2006; Singh et al. 2015). كما أوضح (Mazumdar 2014) أن تراكم جسيمات الفضة النانومترية في البذور تزداد بزيادة التركيز وأنه بمجرد دخول

الفضة النانوية إلى الخلايا ، فإنه قد يسبب ضرراً للفجوات وجدران الخلايا وربما تؤثر على عضيات الخلية الأخرى أيضاً. كما أن إعاقة النمو خلال مرحلة الشتلات يرجع إلى امتصاص كمية كبيرة من الفضة النانوية من قبل جدار الخلايا. وقد يكون زيادة معدل ظهور شتلات نبات الطماطم المعاملة عن شتلات المقارنة بسبب زيادة معدل انقسام قمة خلايا جذور الشتلات (Farooq *et al.* 2005). وأكد Kumari (2011) على إمكانية البذور على امتصاص نانو الفضة والذي بدوره يؤثر في نسبة الإنبات ونمو الجذر وطوله، ولاحظنا (Vinoth and Udayasoorian (2014) أن تأثير أكاسيد المعادن في حجمها النانومتري كان ساماً في عوامل النمو ، مثل نسبة الإنبات ، طول الساق والجذر ، ومؤشر الحيوية لنبات الذرة. كما تتفاعل الجسيمات النانومترية مع النباتات ما يسبب الكثير من التغييرات المورفولوجية والفسولوجية ، اعتماداً على خصائص هذه الجسيمات ، منها التركيب الكيميائي ، والحجم ، والمساحة السطحية لها وأهمها التركيز وظروف التجربة (Khodakovskaya *et al.* 2012). كما أوضحت نتائج Charya *et al* (2020) أن تحضير البذور باستخدام AgNps يمكن أن يعزز إنبات البذور ونموها وإنتاجها مع الحفاظ على جودة الثمار من خلال نهج تقني نانوي صديق للبيئة ومستدام. في هذا البحث سيتم التحقق من التأثير الذي من المحتمل أن تحدثه ثلاثة محاليل من جسيمات الفضة النانومترية ذات الأحجام المختلفة والمعلقة بشكل مستقر في محلول النشا مقارنة بمعاملة الشاهد. ستركز ملاحظة التأثير على نسبة وسرعة الإنبات وطول الريشة والجذير والوزن الطري والجاف لهما لصنفين من القمح المتوفر في محافظة حضرموت منطقة الدراسة.

المواد وطرائق العمل :

تحضير المحلول

تم تجهيز محلول النشا الحامل لجسيمات الفضة النانومترية المستقرة (نانو الفضة) في مختبر مؤسسة حضرموت للاختراع والتقدم العلمي. جميع المواد الكيميائية المستخدمة في هذا البحث هي مواد تستخدم للأغراض البحثية وتم استخدامها دون أي معاملات كيميائية مسبقة. استخدام ماء مزدوج التقطير في تحضير جميع المحاليل المائية للتجارب المخبرية. حضرت جسيمات الفضة النانومترية المستقرة والمعلقة في محلول النشا باستخدام جهاز التحريك الميكانيكي المغنط ووفقاً للطريقة المسجلة (Vasileva *et al.* 2011). كيميائياً تتم عملية الاختزال لنترات الفضة ($AgNO_3$) باستخدام دي جلوكوز (d-glucose) كعامل مختزل والنشا القابل للذوبان كعامل تكليل أو سد (Capping Agent). وتم استخدام هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) لتسريع عملية التفاعل. ولضمان اختزال جميع أيونات الفضة (Ag^+) في المحلول ، أخذت النسبة المولارية فضة إلى عامل مختزل (3/1). للحصول على محلول جسيمات الفضة النانو مترية المعلقة ، حضر (0.2% , w/v; 32 ml) من محلول النشا وترك في جهاز التحريك الميكانيكي المغنط لمدة 30 ثانية. تم إضافة 16 ml من نترات الفضة بتركيز

في (0.0005 mol/l) إلى المحلول. ترك المحلول في الخلاط لمدة 10 دقائق لضمان انتشار جزيئات الفضة في جميع أجزاء محلول النشأ. بعد ذلك تم إضافة محلول العامل المختزل (0.1 mol/l; 480 l d-glucose) ثم 2.4 ml من محلول NaOH (0.1 mol/l) وترك المحلول النهائي في الخلاط لمدة ساعة عند درجة حرارة ثابتة $30 \pm 0.5^\circ\text{C}$. للحصول على عينات من جسيمات الفضة النانومترية بأحجام مختلفة، تم تغيير تركيز نترات الفضة (0.0005, 0.001 and 0.002 mol/l) وعليه تم الحصول على العينات (M_1, M_2 and M_3) بالتتابع.

للتعرف على شكل البلورات وكذا نوع بلورة عنصر الفضة المتكونة، فُحصت جميع العينات الناتجة من عمليات التفاعل السابقة باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية (Bruker AXS D8 ADVANCE model) ذات المصدر المشع (Cu K α) وطول موجي ($\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$) والذي يعمل بجهد تشغيل 30 kV وتيار مقداره 3 mA. ولتحديد شكل الجسيمات المتكونة وحجمها، تم استخدام جهاز الميكروسكوب النفاذ (TEM) ذات الدقة العالية (JEOL JEM-2100) والذي يعمل عند جهد تسريع مقداره 200 kV. تم تجهيز عينات الميكروسكوب النفاذ بطريقة الصب بالإسقاط لعينات نقطية من المحلول المتكون (5 μl) على شريحة نحاسية مغطاة بالكربون الغير بلوري وتُترك المحلول حتى يجف. تم استخدام جهاز تشتت الضوء (PSS-NICOMP 380-ZLS (Dynamic Light Scattering) particle sizing system St. Barbara, California, USA) لتحديد متوسط حجم الجسيمات والتوزيع الإحصائي لأقطار الجسيمات المتكونة والمعلقة في النشأ. ولدراسة الخواص الضوئية للجسيمات المتكونة تم استخدام المطياف UV-Vis Spectroscopy (Jasco V-670) عند الأطوال الموجية للضوء المرئي (350 – 800 nm).

تحضير حبوب القمح:

تم الحصول على حبوب القمح لصنفي حضرموت 3 وكليانسونيا من محطة الأبحاث الزراعية بسيئون- محافظة حضرموت. غُسلت الحبوب بالماء جيداً ثم وضعت في محلول تنظيف من النوع التجاري (Clorox) والذي يحتوي على هايبيوكلورات الصوديوم (NaOCl) بتركيز 5%. استغرقت عملية الغمر مدة خمس دقائق مع التحريك المستمر للتخلص من أي تلوث في الحبوب، بعد ذلك تم غسل الحبوب بالماء مرة أخرى عدة مرات للتخلص من بقايا محلول التنظيف، وبذلك أصبحت الحبوب جاهزة للاستخدام في التجربة. غمرت الحبوب بالمحاليل (M_0, M_1, M_2 and M_3) المحضرة سابقاً لمدة (20 دقيقة) وتم إجراء عملية الاستنبات بوضع 10 حبوب في كل طبق بتري يحتوي على ورق ترشيع وبأربعة مكبرات و40 بذرة لكل معاملة. ثم أضيف إلى كل طبق 5 مل ماء لكل خمسة أيام ووضعت الأطباق في جهاز الحضان (Incubator) عند درجة حرارة $27 \pm 1^\circ\text{C}$ ثم أخذ القراءات كل يوم ولمدة أسبوعين وتم أخذ القياسات الآتية:

أ. نسبة الإنبات (%) Germination Percentage:

وحُسِبَتْ باستخدام المعادلة الآتية:-

$$\text{نسبة الإنبات (\%)} = (\text{عدد الحبوب النابتة} / \text{العدد الكلي للحبوب}) \times 100. \text{ (بامؤمن 1994)}$$

ب. سرعة الإنبات (يوم) Germination Rate:

حسبت سرعة الإنبات عبر تحديد امتداد زمن إنبات البذرة الواحدة في متوسط العينة تحت الفحص وحسب المعادلة الآتية:

$$س = (ع1 ز1 + ع2 ز2 + - - + ع ن ز ن) / \text{العدد الكلي للحبوب النابتة (بامؤمن 1994)}$$

س = سرعة الإنبات ع = الفرق في عدد الحبوب النابتة بين فترتين زمنيتين. ز = الزمن بالأيام (يوم إجراء العد).

ج. طول الريشة (سم) Hypocotyl Length:

أُخِذَتْ القراء من منطقة اتصال الساق بالجذر إلى أعلى مستوى.

د. طول الجذير (سم) Semi Root Lenhth:

أُخِذَتْ القراءات من منطقة اتصال الجذر بالساق إلى أسفل مستوى.

هـ. الوزن الطري والجاف للريشة والجذير (جم):

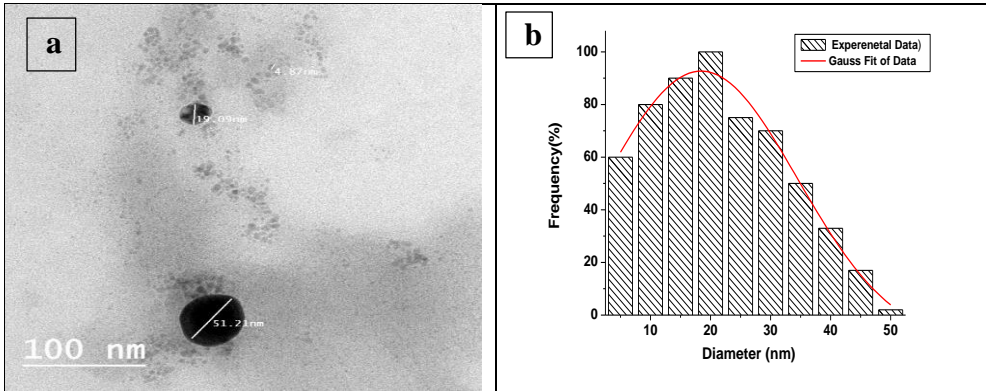
تم وزن المجموع الخضري والجذري كلا على حدة باستخدام ميزان الكتروني حساس، حيث تم اخذ الوزن الطري لكل من الريشة والجذير لكل المعاملات، وتم التجفيف للريشة والجذير باستخدام جهاز حضان عند درجة حرارة 40م حتى ثبات الوزن.

حللت النتائج وفقا لبرنامج التحليل الإحصائي (SPSS). واختبرت النتائج باختبار أقل فرق معنوي LSD عند 5%.

النتائج والمناقشة:

خلال عملية خلط محلول النشا ومحلول نيترات الفضة (عديمة اللون)، لم يُلاحظ أي تغيير في لون المحلول الناتج. كذلك لم يلاحظ أي تغيير في لون المحلول بعد إضافة محلول دي جلوكوز (العامل المختزل). ولكن بإضافة هيدروكسيد الصوديوم تغير لون المحلول مباشرة إلى اللون البني الفاتح المُغبر والمائل للسواد. بمرور زمن تحريك المحلول لحوالي 60 ثانية استقر لون المحلول إلى اللون البني المصفر ولم يلاحظ أي تغيير في اللون لأكثر من عام من فترة تحضير المحلول. ويمكن القول بأن الزمن اللازم

لاستكمال عملية التفاعل للحصول على الناتج النهائي هي 60 ثانية. وثبات لون المحلول الناتج دلالة على استقرار المادة الناتجة. خضعت العينات المراد فحصها بجهاز حيود الأشعة السينية XRD لعملية ترسيب وتجفيف عند درجة حرارة 25°C ، ثم التسخين عند درجة حرارة 350°C ، حيث أخذت النتائج للزوايا ($2\theta=30-80^{\circ}$). بينت نتائج الـ XRD لجميع العينات وجود قمم حيود ضعيفة الشدة والتي تكون في الغالب نتيجة لضعف التركيب البلوري للعينات. إن قمم الحيود وجدت عند الزوايا (2θ) 38.1 و 44.3 و 64.6 و 77.5° والتي كانت متطابقة مع ما هو مسجل في بطاقة التعريف البلوري (PDF: 4-0783) والذي يؤكد أن هذه القمم ناتجة عن الأسطح البلورية (111) و (200) و (220) و (311) لبلورة معدن الفضة المكعبة مركزية الوجهة (fcc). تم حساب الحجم البلوري (D) للينة M1 من عرض نطاق القمة الناتجة من السطح (111) باستخدام معادلة شرر Scherer ($D=0.9\lambda/\beta\text{Cos}(\theta)$) (Bamsaoud et al. 2012). تعرف λ (1.5418 Å) بطول موجة الأشعة السينية المستخدمة في التحليل البلوري و β تمثل عرض النطاق عند المنتصف لقمة الحيود في بيانات الـ XRD. وجدت قيمة β بعد تقريب القمم الناتجة عن حيود الأشعة السينية لدالة جاوس. وقد كان قطر الحجم البلوري المحسوب للبلورات المتكونة لمعدن الفضة للينة M1 بعد التسخين عند درجة حرارة 350°C هو 24 nm.

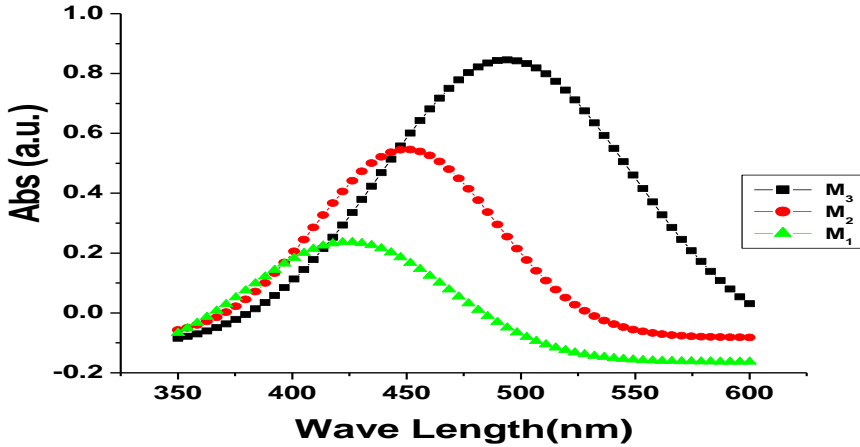


شكل 1: (a) صورة المجهر النافذ (TEM) عند تكبير منخفض لجسيمات الفضة النانومترية المستقرة بالنشا؛

(b) متوسط قطر الجسيمات النانومترية الفضية المعلقة في النشا باستخدام جهاز تشتت الضوء الديناميكي (للينة M1).

أكدت نتائج الميكروسكوب النافذ لجميع العينات، أن جسيمات الفضة المتكونة من تفاعل نترات الفضة والجلوكوز في وجود محلول النشا وعامل التحفيز هيدروكسيد الصوديوم، هي جسيمات نانومترية ويغلب عليها الشكل الكروي. تُبين صورة الميكروسكوب النافذ للينة M1 (شكل a)

شكل الجسيمات النانومترية في حدود منطقة المسح، كما توضح تنوع أحجام الجسيمات والمتراوح أقطارها بين 5-52 نانومتر. يُعطي شكل b1 نتائج جهاز تشتت الضوء الديناميكي (DLS) لتحديد قطر الجسيمات المتواجدة في العينة M₁. حيث يمثل الخط الأحمر متوافقة التوزيع الجاوسي المحسوب من النتائج التجريبية المتحصل عليها من فحص تشتت الضوء الديناميكي (DLS)، والتي بها يُحدد متوسط القطر للجسيمات الأكثر تواجداً في المحلول. من متوافقة التوزيع الجاوسي وجد أن متوسط قطر الجسيم للعينات (M₁, M₂ and M₃) هي (18, 25 and 34 ± 5 nm) بالتتابع. ويعود سبب زيادة قطر جسيمات العينة M₁ المحسوبة من نتائج ال XRD (24 nm) إلى عملية اندماج الجسيمات مع بعضها لتكوين جسيمات أكبر في الحجم بسبب التسخين الذي صاحب العينة قبل فحصها بجهاز حيود الأشعة السينية (XRD).



شكل (2) تغير الامتصاصية مع 1 الطول الموجي لجسيمات الفضة النانومترية المتكونة من تراكيز مختلفة لنترات الفضة (M₁ و M₂ و M₃).

الخواص الضوئية لجسيمات الفضة النانومترية المعلقة في محلول النشا والمحضرة من تراكيز مختلفة لنترات الفضة (M₁ و M₂ و M₃) موضحة في شكل 2. فزيادة الطول الموجي للضوء الساقط على العينة تزداد الامتصاصية إلى أن تصل إلى قيمتها العظمى، ثم تتناقص الامتصاصية مع زيادة الطول الموجي للضوء الساقط. فالطول الموجي الذي عنده سُجلت أعلى امتصاصية هو 426 nm و 450 nm و 495 nm للعينات M₁ و M₂ و M₃ بالتتابع. ويُرجح سبب وجود الشدة العالية لامتصاصية الضوء الساقط عند أطوال موجية معينة إلى ظاهرة رنين بلازمون السطح. تحدث هذه الظاهرة في بعض المعادن مثل الفضة والذهب، بسبب وجود الإلكترونات الحرة المتواجدة على أسطح هذه الجسيمات النانومترية والمحصورة

بطاقات محددة نتيجة لوصول قطر جسيماتها لمقياس النانومتر (> 100 nm) Krishnaraj et al. (2010) و (Narayanan and Sakthivel. 2011).

وفقاً لاختلاف تركيز نترات الفضة الداخلة في تكوين العينات الثلاث المذكورة، بينت نتائج دراسة الخواص الضوئية إن شدة الامتصاصية للضوء المرئي تزداد بزيادة تركيز محلول نترات الفضة. حيث سجلت العينة M_1 اقل امتصاصية وسجلت العينة M_3 أعلى امتصاصية للضوء المرئي وتوسطت قيمة امتصاصية العينة M_2 كلا العينتين M_1 و M_3 . هذه الزيادة في امتصاصية الضوء الساقط تكون غالباً نتيجة لزيادة كثافة المادة المسببة لامتصاص الضوء (جسيمات الفضة النانومترية المتكونة). فإذا سجلت العينة M_1 امتصاصية 25% من شدة الضوء الساقط عليها فمن الطبيعي أن تسجل العينة M_2 امتصاصية بمقدار ضعف M_1 أي (50%). بالمقابل يمكن أن نقول أن العينة M_3 سجلت امتصاصية عالية بما مقداره 100%، أي ضعف ما سجلت العينة M_2 . وهذا نتيجة لتفاوت تركيز نترات الفضة في المحاليل والذي من الممكن يؤدي إلى تغير في عدد جسيمات الفضة النانومترية المتكونة بعد التفاعل في محاليل النشا. كذلك إن تغير الطول الموجي الذي يحدث عنده أعلى امتصاصية (شكل 2)، ذات علاقة وطيدة بمقياس قطر جسيمات الفضة النانومترية. فجسيمات الفضة النانومترية، التي تمتص الأطوال الموجية القريبة من طول موجة اللون الأحمر، هي أكبر في الحجم من الجسيمات التي من المحتمل أن تعطي أعلى قيمة للامتصاصية عند طول موجي قريب من طول موجة اللون الأزرق. فتنتائج دراسة Bijanzadeh et al 2012 والذي استخدم الباحثون فيها الميكروسكوب الإلكتروني (TEM) لقياس حجم جسيمات الفضة النانومترية، أظهرت أن تغير الطول الموجي المحدد عنده أعلى قمة في منحنى الامتصاصية عبارة عن دالة لتغير قطر جسيمات الفضة المعلقة في المحلول. لذلك وبمقارنة الطول الموجي لأعلى امتصاصية في منحنى الامتصاصية (شكل 2) لجسيمات الفضة في المحاليل المدروسة، يتبين أن سبب تغير قيمة طول الموجة لأعلى امتصاصية حادثة هو اختلاف حجم جسيمات الفضة النانومترية المتكونة في المحاليل التي تؤكد نتائج فحص تشتت الضوء الديناميكي (DLS) للمحاليل المدروسة.

نسبة الإنبات

تشير النتائج الموضحة في جدول (1) إلى عدم وجود فروق معنوية في نسبة الإنبات بين صنفين القمح حضرموت³ وكليانسونيا. وكذا التراكيز المختلفة من محلول النشا الحامل لجسيمات الفضة النانومترية المستقرة والتداخل بينهما أيضاً. مع ملاحظة التفوق العددي للصنف حضرموت. كما تساوى تأثير تراكيز محلول النشا الحامل لجسيمات الفضة النانومترية المستقرة بفروق عددية عن معاملة المقارنة (الكنترول). وهذا يتفق مع دراسة (YIN et al. 2012)، و بامسعود و باحويرث (2017) حيث يعزى

ذلك إلى ارتفاع نسبة الإنبات في البذور المعاملة إلى إمكانية البذور على امتصاص جسيمات الفضة النانومترية والتي بدورها يؤثر في نسبة الإنبات (Kumari et al. 2011).

جدول (1) تأثير تراكيز نانو الفضة على نسبة وسرعة الإنبات لصنفين من القمح

المتوسط	سرعة الإنبات		المتوسط	نسبة الإنبات		الأصناف التركيز
	كليانسونا	حضرمت 3		كليانسونا	حضرمت 3	
2.5	2.5	2.5	96.25	92.5	100	M ₀
2.7	2.9	2.4	98.75	97.5	100	M ₁
2.4	2.4	2.3	98.75	97.5	100	M ₂
2.6	2.6	2.5	98.75	97.5	100	M ₃
	2.6	2.4		97.5	100	المتوسط
أقل فرق معنوي عند 5% نسبة الإنبات الأصناف = غ. م						
أقل فرق معنوي عند 5% سرعة الإنبات الأصناف = غ. م						
أقل فرق معنوي عند 5% التفاعل = غ. م						
أقل فرق معنوي عند 5% التفاعل = غ. م						

سرعة الإنبات

نلاحظ من الجدول (1) أن الصنف حضرمت 3 تفوق معنوياً عن الصنف كليانسونا في سرعة الإنبات وأعطى التركيز M₂ أعلى سرعة إنبات إذ بلغ 2.4 يوماً وبفروق معنوية عن بقية التراكيز وبفروق عددية عن معاملة المقارنة M₀. كما يظهر الجدول نفسه أن تأثير التداخل بين (صنفي القمح مع مستويات التراكيز) كان معنوياً في بعض التداخلات. وكان أعلى سرعة إنبات للتداخل بين الصنف حضرمت 3 والتركيز M₂ إذ بلغ 2.3 يوماً، بينما كان أبطأ سرعة إنبات عند التداخل بين الصنف كليانسونا والتركيز M₁ إذ بلغت سرعة الإنبات 2.9 يوماً. وتتفق النتائج مع ما سُجلت من نتائج سابقة لباحثين آخرين (بامسعود وباحويرث 2017; Salama 2012; Sharma et al. 2012)، وقد يعود ذلك نتيجة زيادة انقسام الخلايا، أو قد يكون السبب اختراق جسيمات الفضة للبذور وبالتالي يحدث تنشيط للجنين (Khodakovskaya et al. 2012).

طول الريشة

يوضح الجدول (2) عدم وجود فروق معنوية بين صنفي القمح مع تفوق الصنف كليانسونا عددياً عن الصنف حضرمت 3 حيث بلغ طول الريشة فيهما 11.13، 11.15 سم على التوالي. كما نجد أن مستويات التراكيز لنانو الفضة لم تؤثر معنوياً في طول الريشة حيث كان أعلى طول للريشة عند التركيز M₁ وأقل طول عند التركيز M₂. والذي بلغا 11.6، 65.10 سم على التتابع. ويظهر تداخل

صنفي القمح مع تراكيز نانو الفضة وجود فروق معنوية حيث أعطى التداخل بين الصنف كليانسونيا والتركيـز M_1 أعلى طول للريشة الذي بلغ 12.4 سم وبفروق معنوية عن العديد من التداخلات وأقصر طول كان للتداخل بين الصنف كليانسونيا والتركيـز M_2 . وتتفق هذه النتائج مع نتائج باحثين آخرين (بامسعود وباحويرث 2017) وربما يعود السبب في تفوق معاملة الكنترول هنا لحساسية القمح لنانو الفضة وعدم وجود الغطاء الصلب للبذرة مما سمح لكمية كبيرة من نانو الفضة للدخول إلى السوقية الجينية العليا مما سبب السمية لخلاياها وبالتالي قللت من انقسامها مؤدية إلى قصر طول الريشة بعكس الكوسة ذات الغطاء الصلبة.

جدول (2) تأثير تراكيز نانو الفضة على طول الريشة والجذير لصنفين من القمح

المتوسط	طول الجذير		المتوسط	طول الريشة		الأصناف التركيـز
	كليانسونيا	حضر موت 3		كليانسونيا	حضر موت 3	
10.5	9.2	11.7	11.4	11.1	11.7	M_0
11.1	12.7	9.5	11.6	12.4	10.8	M_1
11.6	10.3	12.9	10.65	10.2	11.1	M_2
11.0	11.4	10.6	10.9	10.9	10.9	M_3
	10.90	11.18		11.15	11.13	المتوسط
أقل فرق معنوي عند 5% طول الريشة الأصناف = غم التركيـز = غم التفاعل = 1.72						
أقل فرق معنوي عند 5% طول الجذير الأصناف = غم التركيـز = غم التفاعل = 0.98						

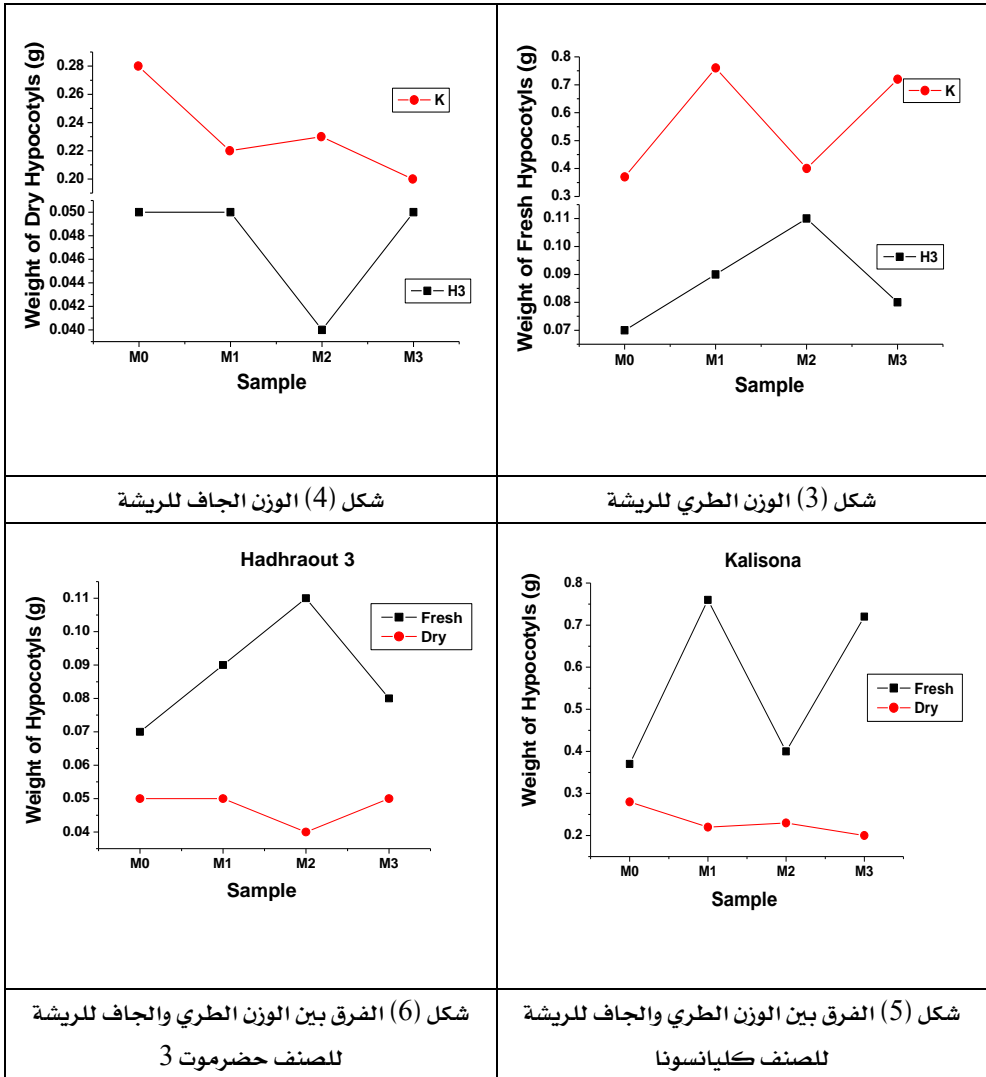
طول الجذير

ومن جدول (2) يتبين تفوق صنف حضر موت عدديا عن الصنف كليانسونيا. كما وجد أن التركيـز M_2 أعطى أعلى طول للجذير 11.6 سم وبفروق عددية عن بقية التراكيز وأقل طول عند التركيـز M_0 . والذي بلغ 10.5 سم. ويظهر تداخل صنفي القمح مع تراكيز نانو الفضة وجود فروق معنوية حيث أعطى التداخل بين الصنف حضر موت والتركيـز M_2 أعلى طول للجذير الذي بلغ 12.9 سم وبفروق معنوية عن العديد من التداخلات وأقصر طول للجذير كان للتداخل بين الصنف كليانسونيا والتركيـز M_0 . وهذه النتائج تتفق مع ما ذكره بامسعود وباحويرث 2017; Farooq et al. 2005; Hozjat 2015; (Kumari et al. 2011)، ويُعزى ذلك لزيادة معدل انقسام خلايا قمة جذور الشتلات (Farooq et al. 2005). وذلك من خلال دور AgNPs في التدخل في مسارات متعددة في الخلايا النباتية لتفعيل نمو النبات كما أشار (Arase et al. 2012)، للتخليق الحيوي لهرمون النمو اندول حامض الخليك

(IAA) المنشط لاستطالة الجذر. وكما ذكر Singh et al. (2015) في أبحاثهم إن الفضة محفز كبير لنمو النبات.

الوزن الطري والجاف للريشة

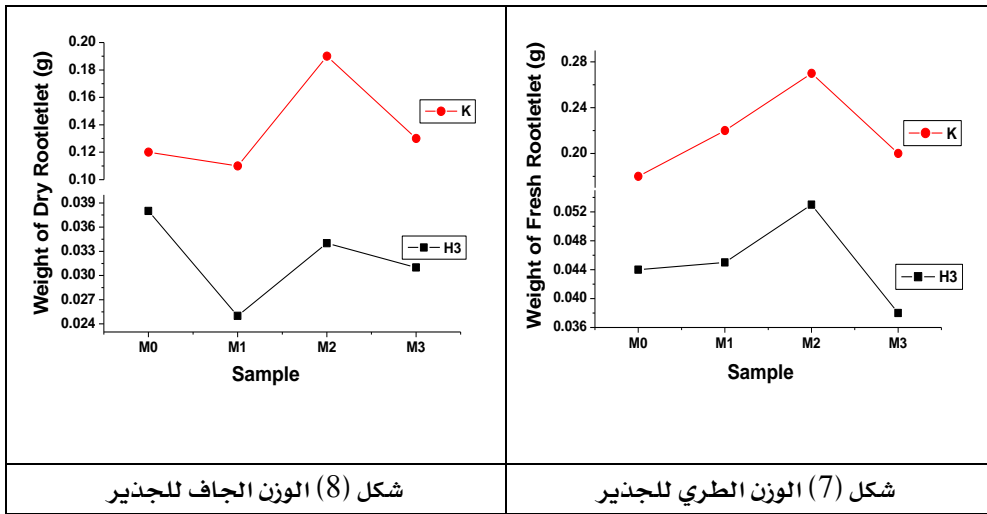
يوضح الشكل (3) تفوق الوزن الطري للصنف كليانسونيا معنوياً على الصنف حضرموت 3. وقد أعطى المحلول M_2 و M_1 أعلى وزن طري للصنف كليانسونيا وحضرموت 3 على التوالي. بينما أعطى المحلول M_0 أخف وزن طري للريشة لاصنفي نبات القمح. كما نشاهد من شكل (4) أن أخف وزن جاف للصنفين كليانسونيا وحضرموت 3 كان عند المعاملة M_2 و M_3 على التتابع.

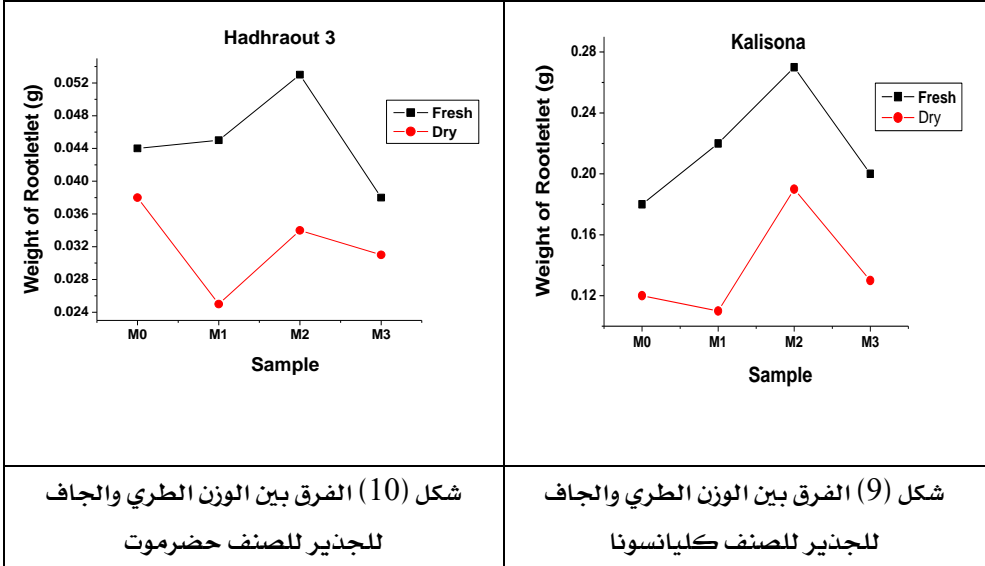


كما يلاحظ من الشكل (5 و 6) أن أكثر فقد للماء للصنفين كليانسونا و حضرموت 3 كان عند المعاملة M_1 و M_2 على التوالي. بينما أعطت المعاملة M_0 أقل فقدا للماء لكلا الصنفين. وربما يعود ذلك لما ذكر من أن صغر الحجم للجسيمات النانومترية تعمل على تعديل الخصائص الفيزيوكيميائية للمواد (Nel *et al.* 2006)، الذي يؤثر حيوياً في الخلايا الحية وبالتالي يسبب ضرراً للفجوات وجدران الخلايا كما أوضح (Mazumdar 2014).

الوزن الطري والجاف للجذير

يوضح الشكل (7) تفوق الوزن الطري لجذير الصنف كليانسونيا معنوياً على الصنف حضرموت 3. وقد أعطى المحلول M_2 أعلى وزن طري للصنفين كليانسونيا و حضرموت 3. بينما أعطى المحلول M_0 و M_3 أخف وزن طري للجذير للصنفين كليانسونا و حضرموت 3 على التوالي. كما نشاهد من شكل (8) أن أخف وزن جاف للجذير للصنفين كليانسونيا و حضرموت 3 كان عند المعاملة M_1 .





كما يلاحظ من الشكل (9 و 10) أن أكثر فقد للماء من الجذير للصنفين كليانسونا و حضرموت كان عند المعاملة M_1 . بينما أعطت المعاملة M_0 و M_3 اقل فقدا للماء لكل من الصنفين حضرموت وكليانسونا على التتابع. يلاحظ من نتائج قياسات الوزن الطري والجاف لصنفي القمح المعامل بجسيمات الفضة النانومترية أن حجم جسيمات الفضة ذات تأثير عالٍ على كمية الماء في الجذير، فكلما قل حجم الجسيمات النانومترية في محلول العينة زاد الفقد في الماء. فمن المحتمل أن تكون الجسيمات صغيرة الحجم لها القدرة على الدخول وبكميات كبيرة مما أثر بشكل كبير على جدار الخلايا وبالتالي ساهم في خروج كميات من الماء. وربما يعود ذلك لما ذكر من أن صغر الحجم للجسيمات النانومترية تعمل على تعديل الخصائص الفيزيوكيميائية للمواد (Nel et al. 2006)، الذي تعمل على تأثير حيوي ضار في الخلايا الحية وبالتالي يسبب ضررا للفجوات وجدران الخلايا كما أوضح (Mazumdar 2014).

الاستنتاج

من دراسة تأثير جسيمات الفضة النانومترية على إنبات ونمو حبوب القمح المحلي بصنفيه كليانسونا وحضرموت ، يتبين أن محاليل جسيمات الفضة النانومترية (M_1, M_2 and M_3) ذات المقاييس المختلفة في حجم الجسيم (18, 25 and 34 ± 5 nm) لها تأثيراً إيجابياً على الصنفين ، وتختلف استجابة الأصناف للنوع النباتي الواحد. فجسيمات الفضة المتوسطة في حجم جسيمها M_2 أحدثت تأثيراً معنوياً على سرعة الإنبات وطول الجذير ووزنه الطري والجاف. كما أثر جسيمات الفضة الصغيرة في حجمها M_1 معنوياً على طول الريشة ووزنها الطري. كذلك تفوق صنف حضرموت معنوياً على الصنف كليانسونا في

سرعة الإنبات وطول الريشة والجذير. أما الصنف كليانسوننا فقد تفوق في الوزن الطري والجاف لكل من الريشة والجذير على الصنف حضرموت. أثبتت الدراسة وجود فروق معنوية في التداخل بين الصنفين وتراكيز المحلول. وأوضحت الدراسة وجود علاقة وطيدة بين حجم الجسيم النانومتري والفقد للماء، فيكون الفقد في الماء عالياً عند معاملة الحبوب بمحلول جسيمات الفضة صغير الحجم حيث وجد أن الفرق في الوزن الجاف كان كبيراً في التراكيز المنخفضة ويعود ذلك إلى تأثير الغشاء الخلوي نتيجة الكمية الكبيرة من جسيمات الفضة الداخلة.

المراجع العربية

- الاسكندراني محمد شريف (2010). تكنولوجيا النانو من أجل غذاء أفضل – مجلة عالم المعرفة السلسلة الشهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب – الكويت ابريل العدد 104.
- بامؤمن، عوض مبارك.(1994) إنتاج وفحص التقاوي. اليمن عدن: الطبعة الأولى مطبوعات جامعة عدن
- بامسعود، سالم فرج؛ باحويرث، محروس عبدالله.(2017). تأثير جسيمات الفضة النانوية المحضرة باستخدام مستخلص أوراق المريمرة *Azadirachta indica* والسيسبان *Prosopis juliflora* في إنبات بادرات نبات الكوسة *Cucurbita Pepo* ونموها. مجلة الجامعة العربية الأمريكية للبحوث مجلد(3) العدد (2).
- نايقا، منير. (2009). مقدمة في فهم علم النانو تكنولوجي. دار العربية للعلوم، الطبعة الاولى، لبنان، ص 17.

المراجع الأجنبية

- Abou-Zeid, Hanan M, And Yehia Moustafa. (2014). Physiological And Cytogenetic Responses Of Wheat And Barley To Silver Nanopriming Treatment. Int J Appl Biol Pharm Technol 5(3): 265–78.
- Acharya, P, Jayaprakasha G K. , Crosby K M. ,Jifon J L. & Patil B S. 2020. “Nanoparticle-Mediated Seed Priming Improves Germination, Growth, Yield, And Quality Of Watermelons (Citrullus Lanatus) At Multi-Locations In Texas.” Scientific Reports 10(1): 1–16.
- Alshehddi, L. A. A., & Bokhari, N. (2020). Influence Of Gold And Silver Nanoparticles On The Germination And Growth Of Mimosops Laurifolia Seeds In The South-Western Regions In Saudi Arabia. Saudi Journal Of Biological Sciences, 27(1), 574-80.

- Arase, F., Nishitani, H., Egusa, M., Nishimoto, N., Sakurai, S., Sakamoto, N., Kaminaka, H., (2012). IAA8 involved in lateral root formation interacts with the TIR1 auxin receptor and ARF transcription factors in Arabidopsis. *LoS ONE* 7, 10.1371/journal.pone.0043414.
- Bamsaoud, S. F., Rane, S. B., Karekar, R. N., & Aiyer, R. C. (2012). SnO₂ film with bimodal distribution of nano-particles for low concentration hydrogen sensor: Effect of firing temperature on sensing properties. *Materials Chemistry and Physics*, 133(2-3), 681-687.
- Bijanzadeh, A.R., Vakili, M.R., And Khordad, R. (2012). A Study Of The Surface Plasmon Absorption Band For Nanoparticles. *International Journal Of Physical Sciences* 7(12). Pp 1943–48.
- Chen X, & Schluesener. H. (2008). Nanosilver : Nano Product In Medical Application. . *Toxicol. Lett.*, 176: 1 – 12.
- Das, J., Das, M. P., & Velusamy, P. (2013). Sesbania Grandiflora Leaf Extract Mediated Green Synthesis Of Antibacterial Silver Nanoparticles Against Selected Human Pathogens. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular And Biomolecular Spectroscopy* 104, 265–70.
- Farooq, Muhammad, S M A Basra, Nazir Ahmad, And K Hafeez.. (2005). Thermal Hardening: A New Seed Vigor Enhancement Tool In Rice. *Journal Of Integretive Plant Biology*, 47,187-93.
- Hojjat, S. S. (2015) . . “Impact Of Silver Nanoparticles On Germinated Fenugreek Seed.” *Int J Agric Crop Sci* 8(4): 627–30.
- Khodakovskaya Mv, De Silva, K., Biris, A. S., Dervishi, E., & Villagarcia, H (2012). “Carbon Nanotubes Are Able To Penetrate Plant Seed Coat And Dramatically Affect Seed Germination And Plant Growth.” *Acs Nano* 3(10): 3221–35.
- Krishnaraj, C., Jagan, E. G., Rajasekar, S., Selvakumar, P., Kalaichelvan, P. T., And Mohan, N. (2010). Synthesis Of Silver Nanoparticles Using Acalypha Indica Leaf Extracts And Its Antibacterial Activity Against Water Borne Pathogens. *Colloids And Surfaces B: Biointerfaces*, 76(1). Pp 50–56.
- Kumari M, Khan SS, Pakrashi S, Mukherjee A, Chandrasekaran N. (2011). “Cytogenetic And Genotoxic Effects Of Zinc Oxide Nanoparticles On Root Cells Of Allium Cepa.” *Journal Of Hazardous Materials* 190(1–3): 613–21.
- Mazumdar, H. (2014). “Accumulation And Uptake Of Silver Nanoparticles During Seed Germinations Of Selected Annual Crop Plants.” *International Jour. Chem Tech Research* 6(1): 108–13.
- Narayanan, K. B., And Sakthivel, N.(2011), Green Synthesis Of Biogenic Metal Nanoparticles By Terrestrial And Aquatic Phototrophic And Heterotrophic Eukaryotes And Biocompatible Agents, *Advances In Colloid And Interface Science* 169(2). Pp 59–79.

- Nel, A., Xia, T., Mädler, L., & Li, N. (2006). Toxic Potential Of Materials At The Nanolevel. Science, 311(5761), 622-27
- Nur Azura, M S , I. Zamri , M.R. Rashid , G. M Shahrin , A.R. Rafidah , I. M Rejab, A. Azima, M.S. Suria and W.U. Amyita. 2017. "Evaluation Of Nanoparticles For Promoting Seed Germination And Growth Rate In Mr263 And Mr269 Paddy Seeds." J. Trop. Agric. And Fd. Sc 45(1): 13–24.
- Park, Hae-Jun, Sung-Ho Kim, Hwa-Jung Kim, And Seong-Ho Choi. (2006). "A New Composition Of Nanosized Silica-Silver For Control Of Various Plant Diseases." The Plant Pathology Journal 22(3): 295–302.
- Pelegriño, M. T., Kohatsu, M. Y., Seabra, A. B., Monteiro, L. R., Gomes, D. G., Oliveira, H. C., ... & Lange, C. N. (2020). Effects Of Copper Oxide Nanoparticles On Growth Of Lettuce (*Lactuca Sativa L.*) Seedlings And Possible Implications Of Nitric Oxide In Their Antioxidative Defense. Environmental Monitoring And Assessment, 192(4), 1-14
- Salama, H. M. H. (2012). Effects Of Silver Nanoparticles In Some Crop Plants, Common Bean(*Phaseolus Vulgaris L.*) And Corn (*Zea Mays L.*). International Research Journal Of Biotechnology 3(10). 190–97.
- Sharma, P., Bhatt, D., Zaidi, M., Saradhi, P., Khanna, P., & Arora, S. (2012). Silver Nanoparticle Mediated Enhancement In Growth And Antioxidant Status Of Brassica Juncea. Appl Biochem Biotechnol 167:2225–33.
- Singh, A, Singha N, Hussaina I, Singha H , and S.C. Singh (2015). "Plant-Nanoparticle Interaction: An Approach To Improve Agricultural Practices And Plant Productivity." Int J Pharm Sci Invent 4(8): 25–40.
- Vasileva, P, B Donkova, I Karadjova, And C Dushkin. (2011). "Synthesis Of Starch-Stabilized Silver Nanoparticles And Their Application As A Surface Plasmon Resonance-Based Sensor Of Hydrogen Peroxide." Colloids And Surfaces A: Physicochemical And Engineering Aspects 382(1–3): 203–10.
- Vinoth, S, And K Udayasoorian. (2014). "Toxicity Potential Of Different Metal Oxides Nanoparticles On Germination Of Maize Plant." Global J. Res. Analysis 3(1): 116–18.
- Yin, Y., Colman, B. P., McGill, B. M., Wright, J. P., & Bernhardt, E. S. (2012). Effects Of Silver Nanoparticle Exposure On Germination And Early Growth Of Eleven Wetland Plants. Special Section Plos One 7(10), .
- Zhang, Wei-Xian. 2003. "Nanoscale Iron Particles For Environmental Remediation: An Overview." Journal Of Nanoparticle Research 5(3–4): 323–32.