



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل / كلية العلوم
قسم علوم الحياة

تأثير جسيمات الفضة النانوية المصنعة حيويًا من بذور نبات الريحان
Ocimum basilicum في نظام الأراضي الرطبة المشيدة

رسالة

مقدمة الى مجلس كلية العلوم / جامعة بابل و هي جزء من متطلبات نيل درجة

ماجستير في العلوم في علوم الحياة / علم البيئة

تقدمت بها

زينب علي محسن عزيز

بكالوريوس علوم بيئة (2018-2019)

بأشراف

أ.م.د. بسام موسى الياسين

أ.د. جاسم محمد سلمان

2023 م

1444 هـ

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

((وَأَرْسَلْنَا الرِّیَّاحَ لَوَاقِحَ فَأَنْزَلْنَا مِنْ السَّمَاءِ مَاءً

فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ وَمَا أَنْتُمْ لَهُ بِخَازِنِينَ))

(اقرار المشرفين)

نشهد أن إعداد هذه الرسالة الموسومة "تأثير جسيمات الفضة النانوية المصنعة حيويًا من بذور نبات الريحان *Ocimum basilicum* في نظام الأراضي الرطبة المشيدة" والمقدمة من قبل الطالبة (زينب علي محسن) تمت تحت اشرافنا في كلية العلوم/ جامعة بابل كجزء من متطلبات نيل درجة ماجستير في العلوم/ علوم الحياة/ بيئة .

التوقيع :

الإسم: د. جاسم محمد سلمان

اللقب العلمي: أستاذ

التاريخ: / /

التوقيع :

الإسم: د. بسام موسى الياسين

اللقب العلمي: أستاذ مساعد

التاريخ: / /

بناءً على التعليمات ارشح هذه الرسالة للمناقشة.

التوقيع

الإسم: د. عدي جاسم عبد الرزاق

اللقب العلمي: أستاذ مساعد

رئيس قسم علوم الحياة

التاريخ: / /

الاهداء

دائماً وابداً الى عائلتي

زينب

شكر وامتنان

الحمد لله و الشكر له ملء السموات والارض على ما رزقنا واهدانا وما اعاننا على فعله والحمد لله على ما سخر لي من قوة لأكمل هذا العمل فبجلاله قويت عزيمتي وعليه كان توكلي لك الحمد يا الله كما ينبغي لجلال وجهك ولعظيم سلطانك ولك الحمد انك انت الله لك شكري وامتناني ما حييت...

اتقدم بخالص الشكر الى عمادة كلية العلوم و رئاسة قسم علوم الحياة لمنحهم الفرصة لإكمالي دراسة الماجستير .

و اتقدم بأسمى آيات الشكر والتقدير الى مشرفي الاستاذ الدكتور جاسم محمد سلمان الشمري و الاستاذ المساعد الدكتور بسام موسى الياسين اللذان لم يكلا او يملا من مساعدتي في اكمال الرسالة... و اتوجه بشكري و امتناني الى دكتورة ايفان ابراهيم مرهج و ست دلال محمد رضا / قسم علوم الحياة لما قدموه لي من مساعدة خلال فترة الدراسة.

و يحتم علي الواجب والعرفان بالجميل شكر الاستاذ الدكتور احمد سعدون عباس / معاون العميد للشؤون العلمية / كلية العلوم

و لابد ان اقدم شكري الجزيل لأصدقائي و زملائي من طلبة الدراسات العليا وكل من قدم لي الدعم المعنوي وكان له الاثر الطيب.

زينب

الخلاصة

تم استخدام جسيمات الفضة النانوية المصنعة حيويًا باستخدام بذور نبات الريحان *Ocimum basilicum* لغرض اختزال تراكيز بعض المغذيات مثل مركبات النتروجين والفسفور وكذلك لدراسة تأثير جسيمات الفضة النانوية (AgNPs) على كثافة ونوعية المجتمع البكتيري وكذلك تم دراسة بعض الصفات لنبات الموز الفحل (*Canna indica*) في الأراضي الرطبة المشيدة ذات التدفق العامودي (A vertical flow constructed wetland) و تم توصيف جسيمات الفضة النانوية AgNPs الحيوية باستخدام فحص التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية المرئية (UV-VIS) ومطياف فورييه للأشعة تحت الحمراء (FTIR) وحيود الأشعة السينية (XRD) والمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) ووجد ان الطول الموجي لجسيمات AgNPs خلال التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية المرئية (UV-VIS) بلغ 420 نانومتر وعند اجراء فحص مطياف فورييه للأشعة تحت الحمراء FTIR وجدت العديد من المجاميع الفعالة وهي الأمينات الثانوية والحوامض الكربوكسيلية والألكينات الطرفية والأسيتيلين والأيزوثيوسيانات والإثيرات العطرية وحلقات عطرية من بنزين أحادي الإستبدال والألكينات وبين فحص حيود الأشعة السينية XRD ان متوسط حجم الجسيمات تبعاً لمعادلة شرر Scherrer equation كان 33,733 نانومتر وشكلت زوايا الحيود نظام بلوري مكعب الشكل. واما فحص المجهر الإلكتروني الماسح SEM فقد اظهر ان شكل الجسيمات مكعب بلوري منتظمة الشكل غير متكتلة. ان ظروف التصنيع مثل الأس الهيدروجيني والمحتوى المائي للمستخلص وتركيز نترات الفضة والمواد الفعالة في بذور نبات الريحان هي المسؤولة عن شكل وحجم جسيمات الفضة النانوية AgNPs وان شكل وحجم المواد الفعالة لجسيمات الفضة النانوية هي المسؤولة عن كفاءة المعالجة لمياه الصرف الصحي والنشاط المضاد للبكتريا.

بعد ان تم تشييد نظام الاراضي الرطبة وزرعها بنبات الموز الفحل (*Canna indica*) وريها بمياه الإسالة لمدة اربع اسابيع لغرض إستقرار النظام بعدها تم ريها بمياه الصرف الصحي لمدة اربع اسابيع بثلاث تراكيز من جسيمات الفضة النانوية AgNPs هي (0,1 و 5 و 10) مايكروغرام. لتر⁻¹ الى جانب

السيطرة (Control) بدون أي إضافة من جسيمات الفضة النانوية AgNPs. بينت النتائج ان الأس الهيدروجيني كان متعادل في جميع التراكيز وكانت اقل قيمة للتوصيلية الكهربائية (EC) والأمونيا (NH₃) والنترات (NO₃) و النتريت (NO₂) والفسفور الكلي (TP) والفوسفات الفعالة (PO₄) عند التركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹، واقل قيمة للمتطلب الحيوي للأوكسجين (BOD₅) والأوكسجين المذاب (DO) عند التركيز 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ من جسيمات الفضة النانوية وكانت النتائج معنوية وتبين ان هناك علاقة ارتباط موجبة قوية جدا بين الفوسفات الكلية (TP) والفوسفات الفعالة (PO₄) والنترات (NO₃) والنتريت (NO₂) والأمونيا (NH₃) بينما كانت التراكيز متذبذة في الأسابيع الأولى من التجربة بين ارتفاع وانخفاض

بالنسبة لصفات النبات فكانت أعلى قيمة لطول النبات وعدد الخلفات وأعلى تركيز لإنزيم البيروكسيداز (POD) عند التركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ وأعلى قيمة لعدد الاوراق والكلوروفيل عند التركيز 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ وكانت النتائج معنوية لكل من إنزيم البيروكسيداز (POD) وعدد خلفات النبات وهذا يبين ان وجود جسيمات الفضة النانوية AgNPs يعزز نمو النباتات كونها تعمل على امساك المغذيات الموجودة في مياه الصرف الصحي لتكون متاحة للنبات، اما الاحياء المجهرية فقد تم دراسة تأثير جسيمات الفضة النانوية على اربعة انواع من البكتريا القولونية الموجودة في مياه الصرف الصحي الداخلة والخارجة من الوحدات التجريبية لنظام الأراضي الرطبة وهي: *Escherichia coli* و *Klebsiella pneumoniae* و *Enterobacter cloacae* و *Salmonella enteritdts* فبينت النتائج ان جسيمات الفضة النانوية تثبطت نمو ثلاث انواع من البكتريا القولونية و هي *Escherichia coli* و *Klebsiella pneumoniae* و *Enterobacter cloacae* واثرت على نمو بكتريا *Salmonella enteritdts* ولكن لم تثبطها كليا في جميع تراكيز الفضة النانوية وكذلك أثرت جسيمات AgNPs على العدد الكلي للبكتريا القولونية حيث كان اقل عدد للبكتريا القولونية عند التركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ معنوي سالب قوي جدا بين عدد البكتريا القولونية الكمي والمتطلب الحيوي للأوكسجين BOD₅ وارتباط موجب مع التوصيلية الكهربائية EC .

قائمة المحتويات

رقم الصفحة	العنوان	ت
III	قائمة المحتويات	.1
VI	قائمة الصور	.2
VII	قائمة الأشكال	.3
IX	قائمة الجداول	.4
XI	قائمة المختصرات	.5
1	الفصل الأول	.6
1	المقدمة و إستعراض المراجع	.7
1	1-1 المقدمة INTRODUCTION	.8
1	1-1-1 مقدمة عامة General Introduction	.9
2	2-1-1 الهدف من الدراسة Aim of Study	.10
3	2-1 إستعراض المراجع LITERATURE REVIEW	.11
3	1-2-1 تلوث المياه Water Pollution	.12
4	1-1-2-1 التلوث بمياه الصرف الصحي Waste Water Pollution	.13
5	2-1-2-1 طرق معالجة مياه الصرف الصحي Wastewater Treatment Methods	.14
8	2-2-1 الاراضي الرطبة المشيدة Constructed Wetlands (CWS)	.15
8	1-2-2-1 تطبيقات الأراضي الرطبة في معالجة المياه Constructed Wetland Applications in Water Treatment	.16
10	2-2-2-1 نباتات الاراضي الرطبة Constructed Wetlands Plants	.17
12	3-2-1 الجسيمات النانوية (NP) Nanoparticles	.18
13	1-3-2-1 التصنيع البايولوجي (الحيوي) للجسيمات النانوية Biosynthesis of Nanoparticles	.19
15	2-3-2-1 جسيمات الفضة النانوية (AgNPs) Silver Nanoparticles	.20
18	الفصل الثاني	.21
18	المواد وطرائق العمل	.22
22	1-2 المواد MATERIALS	.23

رقم الصفحة	العنوان	ت
22	Equipment 1-1-2 الأدوات	.24
23	Chemicals 2-1-2 المواد الكيميائية	.25
24	METHODS 2-2 طرائق العمل	.26
24	Study Design 1-2-2 تصميم التجربة	.27
24	Study Area 2-2-2 موقع اجراء التجربة	.28
25	Constructed Wetlands 3-2-2 تشييد الاراضي الرطبة المشيدة	.29
26	Wastewater Sample Collection 4-2-2 جمع عينات مياه الصرف الصحي	.30
26	AgNPs Biosynthesis of 5-2-2 التصنيع الحيوي لجسيمات الفضة النانوية	.31
27	AgNPs 6-2-2 توصيف جسيمات الفضية النانوية	.32
27	UV- VIS 1-6-2-2 الطيف المرئي فوق البنفسجي	.33
28	FT-IR 2-6-2-2 مطياف الأشعة فورييه تحت الحمراء	.34
28	XRD 3-6-2-2 حيود الأشعة السينية	.35
28	SEM 4-6-2-2 المجهر الإلكتروني الماسح	.36
29	Wastewater Measurements 7-2-2 قياسات مياه الصرف الصحي	.37
29	Physical and Chemical Examinations 1-7-2-2 الفحوصات الفيزيائية والكيميائية	.38
34	Microbiology Examinations 8-2-2 فحوصات الاحياء المجهرية	.39
34	Preparation of the Culture Media 1-8-2-2 تحضير الأوساط الزرعية	.40
34	Total Count of Coliform Bacteria 2-8-2-2 العد الكلي للبكتيريا القولونية	.41
35	3-8-2-2 عزل وتشخيص البكتيريا القولونية في مياه الصرف الصحي	.42
35	Measurements of the Plant 9-2-2 قياسات النبات	.43
35	Phenotypic Traits 1-9-2-2 الصفات المظهرية	.44
36	2-9-2-2 تقدير فعالية انزيمات النبات	.45
37	10-2-2 التحليل الإحصائي	.46
38	الفصل الثالث	.47
38	النتائج	.48

رقم الصفحة	العنوان	ت
38	Silver Nanoparticles (AgNPs) 1-3 الفضة النانوية	.49
38	1-1-3 التصنيع الحيوي لجسيمات الفضة النانوية	.50
39	Characterization of Silver Nanoparticles 2-1-3 توصيف جسيمات الفضة النانوية (AgNPs)	.51
44	PHYSICAL AND CHEMICAL TESTS FOR WASTEWATER 2-3 الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي	.52
44	1-2-3 الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي المضاف لها تراكيز AgNPs	.53
44	1- الهيدروجيني pH	.54
46	2- التوصيلية الكهربائية EC	.55
48	3- الأوكسجين المذاب DO	.56
50	4- المتطلب الحيوي للأوكسجين BOD5	.57
52	5- الامونيا NH3	.58
54	6- النتريت NO2	.59
56	7- النترات NO3	.60
58	8- الفسفور الكلي الكلي TP	.61
60	9- الفوسفات الفعالة PO4	.62
62	2-2-3 مقارنة نتائج تركيز العناصر في المياه الداخلة والخارجة من الوحدات التجريبية Comparing the results of measuring the elements' concentration in the water entering and leaving the experimental units	.63
62	1-الاس الهيدروجيني pH	.64
64	2-التوصيلية الكهربائية EC	.65
65	3-الأوكسجين المذاب DO	.66
67	4-المتطلب الحيوي للأوكسجين BOD5	.67
68	5-الامونيا NH3	.68
70	6-النتريت NO2	.69
72	7-النترات NO3	.70
74	8-الفسفور الكلي TP	.71

رقم الصفحة	العنوان	ت
76	9-الفوسفات الفعالة PO4	.72
79	MEASUREMENTS OF THE PLANT 3-3 قياسات النبات	.73
79	Plant Length 1-طول النبات	.74
79	Number of Plant Branches 2-عدد خلفات النبات	.75
79	Number of Plant Leaves 3-عدد اوراق النبات	.76
80	Chlorophyll 4-الكلوروفيل	.77
80	Peroxidase Enzyme POD 5-انزيم البيروكسيدز	.78
83	MICROBIOLOGY EXAMINATIONS 4-3 فحوصات الاحياء المجهرية	.79
83	Types of Coliform Bacteria 1-3-4 انواع البكتريا القولونية	.80
83	Total Number of Coliform Bacteria 2-4-3 العدد الكلي للبكتريا القولونية	.81
88	الفصل الرابع	.82
88	المناقشة	.83
110	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS الإستنتاجات والتوصيات	.84
112	REFERENCES المصادر	.85

قائمة الصور

رقم الصفحة	العنوان	ت
24	صورة 1: تصميم التجربة	.1
25	صورة 2: مراحل تصنيع الاراضي الرطبة	.2
38	صورة 3: توضح التغير في اللون بعد إضافة مستخلص بذور الريحان المائي إلى AgNO3	.3

قائمة الأشكال

رقم الصفحة	العنوان	ت
39	شكل 1: التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية المرئية UV-Visible لجسيمات AgNPs المصنعة حيويًا	.1
40	شكل 2: تحليل مطياف فورييه للأشعة تحت الحمراء FTIR لجسيمات AgNPs في مستخلص بذور الريحان	.2
41	شكل 3: فحص حيود الأشعة السينية XRD لجسيمات AgNPs في مستخلص بذور الريحان	.3
	شكل 4: فحص المجهر الإلكتروني الماسح SEM لجسيمات AgNPs	.4
45	شكل 5: تركيز الالاس الهيدروجيني pH لمياه الصرف الصحي في انظمة الاراضي الرطبة المشيدة التي تتعرض لتراكيز مختلفة من AgNPs	.5
47	شكل 6: قيم التوصيلية الكهربائية لمياه الصرف الصحي المعرضة الى AgNPs في الاراضي الرطبة المشيدة	.6
49	شكل 7: تركيز الاوكسجين المذاب DO لمياه الصرف الصحي في انظمة الاراضي الرطبة المشيدة التي تتعرض لتراكيز مختلفة من AgNPs	.7
51	شكل 8: تركيز المتطلب الحيوي للاوكسجين لمياه الصرف الصحي التي تتعرض لتراكيز مختلفة من AgNPs في انظمة الاراضي الرطبة المشيدة	.8
53	شكل 9: تركيز الامونيا NH3 لمياه الصرف الصحي في انظمة الاراضي الرطبة المشيدة المعرضة الى AgNPs	.9
55	شكل 10: تراكيز النتريت NO2 في مياه الصرف الصحي المعرضة لتراكيز AgNPs في الاراضي الرطبة المشيدة	.10
57	شكل 11: تراكيز النترات NO3 في مياه الصرف الصحي المعرضة لتراكيز AgNPs في الاراضي الرطبة المشيدة	.11
59	شكل 12: تراكيز الفسفور الكلي TP في مياه الصرف الصحي المعرضة لتراكيز AgNPs في الاراضي الرطبة المشيدة	.12
61	شكل 13: تراكيز الفوسفات الفعالة PO4 في مياه الصرف الصحي المعرضة لتراكيز AgNPs المختلفة في الاراضي الرطبة المشيدة	.13
81	شكل 14: تغاير اطول النبات المستخدم في الاراضي الرطبة المشيدة المعرضة لتراكيز من AgNPs	.14
81	شكل 15: تغاير عدد خلفات النبات المستخدم في الاراضي الرطبة المشيدة المعرضة لتراكيز من AgNPs	.15

رقم الصفحة	العنوان	ت
81	شكل 16: تغاير عدد اوراق النبات المستخدم في الاراضي الرطبة المشيدة المعرضة لتراكيز من AgNPs	.16
82	شكل 17: تغاير تراكيز كلوروفيل النبات المستخدم في الاراضي الرطبة المشيدة المعرضة لتراكيز من AgNPs	.17
82	شكل 18: تغاير تراكيز POD النبات المستخدم في الاراضي الرطبة المشيدة المعرضة لتراكيز من AgNPs	.18
84	شكل 19: النسب المئوية لبكتريا القولون في الوحدات التجريبية للاراضي الرطبة المشيدة المعاملة بتراكيز مختلفة من AgNPs	.19

قائمة الجداول

رقم الصفحة	العنوان	ت
36	جدول 1: الأدوات والأجهزة المختبرية المستخدمة في هذه الدراسة.	.1
37	جدول 2: المواد الكيميائية المستخدمة في هذه الدراسة	.2
41	جدول 3: المواد الفعالة في جسيمات AgNPs من مستخلص بذور الريحان	.3
42	جدول 4: بعض قياسات فحص حيود الأشعة السينية XRD لجسيمات AgNPs في مستخلص بذور الريحان	.4
45	جدول (5) تركيز الاس الهيدروجيني لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs	.5
47	جدول (6) تركيز التوصيلية الكهربائية لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs	.6
49	جدول (7) تركيز الاوكسجين المذاب لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs	.7
51	جدول (8) تركيز المتطلب الحيوي للاوكسجين لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs	.8
53	جدول (9) تركيز اللامونيا لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs	.9
55	جدول (10) تركيز النترت لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs	.10
57	جدول (11) تركيز النترات لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs	.11
59	جدول (12) تركيز الفسفور الكلي لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs	.12
61	جدول (13) تركيز الفوسفات الفعالة لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs	.13
63	جدول 14: المقارنة بين قيم الاس الهيدروجيني بين مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسابيع	.14
65	جدول 15: المقارنه بين قيم التوصيلية الكهربائية بين مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسابيع	.15
66	جدول 16: المقارنه بين قيم الاكسجين المذاب بين مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسابيع	.16
68	جدول 17: المقارنه بين قيم المتطلب الحيوي للاكسجين بين مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسابيع	.17

رقم الصفحة	العنوان	ت
70	جدول 18: المقارنه بين قيم الامونيا بين مياه الصرف الصحي الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسبوع	.18
72	جدول 19: المقارنه بين قيم النتريت بين مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسبوع	.19
74	جدول 20: المقارنه بين قيم النترات بين مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسبوع	.20
76	جدول 21: المقارنه بين قيم الفسفور الكلي مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسبوع	.21
78	جدول 22: المقارنه بين قيم الفوسفات الفعالة بين مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسبوع	.22
80	جدول 23: تغاير بعض الخصائص المظهرية و الفسيولوجية في نبات C.indica في الاراضي الرطبة المعرضة لتراكيز مختلفة من AgNPs	.23
84	جدول 24: انواع البكتريا القولونية في مياه الصرف الصحي الداخلة والخارجة لجميع تراكيز الفضة النانوية AgNPs	.24
84	جدول 25: العدد الكلي للبكتريا القولونية في الوحدات التجريبية عند تراكيز الفضة النانوية المختلفة	.25
	جدول 26: معامل الارتباط بين العدد الكلي للبكتريا و قياسات الماء الفيزيائية والكيميائية للمياه الخارجة	.26
85	جدول 27: معامل ارتباط القياسات النباتية	.27
86	جدول 28: معامل الارتباط لقياسات مياه الصرف الصحي الاسبوع الاول	.28
86	جدول 29: معامل ارتباط قياسات مياه الصرف الصحي الاسبوع الثاني	.29
87	جدول 30: معامل الارتباط لقياسات مياه الصرف الصحي الاسبوع الثالث	.30
87	جدول 31: معامل الارتباط لقياسات مياه الصرف الصحي الاسبوع اربع	.31

قائمة المختصرات

المختصر	الاسم الكامل	ت
AgNPs	Silver nanoparticles	1
AOP	Advanced oxidation processes	2
BOD ₅	Biological oxygen demand	3
COD	Chemical oxygen demand	4
CWs	Constructed wetlands	5
DO	Dissolved oxygen	6
EC	Electrical conductivity	7
FTIR	Fourier transform infrared spectroscopy	8
MTS	Microalgae treatment system	9
NH ₃	Ammonia	10
NO ₂	Nitrite	11
NO ₃	Nitrate	12
NPs	Nanoparticles	13
pH	Potential of hydrogen	14
PO ₄	Phosphate	15
POD	Peroxidase	16
SEM	Scanning electron microscope	17
TP	Total phosphorus	18
US-EPA	United states environmental protection agency	19
UV-VIS	Ultraviolet-visible spectroscopy	20
XRD	X-ray diffraction	21

الفصل الأول

Chapter One

المقدمة و إستعراض المراجع

**Introduction & Literature
Review**

1-1 المقدمة Introduction

1-1-1 مقدمة عامة General Introduction

ان الجسيمات النانوية هي الجسيمات التي يتراوح نطاقها بين 1-100 نانومتر وتتسم بصفات فريدة ومميزة منها صغر حجمها وسهولة تصنيعها وفعاليتها العالية ويمكن تحضيرها بأنماط تكنولوجية مختلفة بما في ذلك الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية (Thakur و Thakur 2022، Singh,؛ وآخرون 2022) تم استخدام الجزيئات النانوية لأعمال مفيدة مختلفة مثل استخدامها كمضادات للميكروبات ومعالجة المياه وأيضاً تدخل في العديد من الصناعات، ومن هذه الجسيمات هي جسيمات الفضة النانوية Silver Nanoparticles (AgNPs) التي أصبحت وجهة للباحثين والمهتمين لغرض دراسة تأثيراتها في البيئة حيث ان لها تطبيقات بيولوجية وفيزيائية عديدة وباتت تستخدم بشكل واسع في المنتجات الطبية والتجميلية وغيرها، فضلاً عن ذلك فان AgNPs يمكن تصنيعها بعدة طرق منها البيولوجية (الحيوية) والتي تعد من اكثر الطرق أماناً وشيوعاً حالياً كونها قليلة التكلفة وصديقة للبيئة حيث يمكن إستخدام البكتريا والطحالب والفطريات والنباتات كعوامل اكسدة واختزال في عملية تصنيع AgNPs (Khan وآخرون ، 2022 ؛ Taghavizadeh وآخرون 2022)،

ان الإنتاج العالمي السنوي من AgNPs يقدر بحوالي 320 طن (Jian وآخرون ، 2022). وبالرغم من استخداماتها المفيدة الا ان هذا الحجم الكبير من الانتاج سيجعلها تنطلق الى البيئة المائية بشكل لامفر منه، مما يجعل من الضروري دراسة تأثيرات AgNPs على الكائنات الحية كون تراكيزها العالية المتراكمة قد تؤثر في العديد من الكائنات الحية منها الاحياء الدقيقة (Fiorati وآخرون ، 2020، Ramzan وآخرون 2022) وبالتالي لابد من دراسة هذه التأثيرات مع امكانية الاستفادة منها في مجال معالجة التلوث حيث ان جزيئات الفضة النانوية تعمل على الامساك بالمغذيات وكذلك تعمل على قتل البكتريا من خلال تمزيق جدار الخلية وتحلل محتويات الخلية البكتيرية.

2-1-1 الهدف من الدراسة Aim of Study

تهدف الدراسة الحالية الى تقييم تاثير المستويات المختلفة من جسيمات الفضة النانوية الـAgNPs في اختزال المغذيات وتغيير بنية المجتمع الميكروبي في نظام الأراضي الرطبة المشيدة والمروي بمياه الصرف الصحي، وذلك من خلال :

1. تصنيع نظام اراضي رطبة مشيدة باستخدام نبات الموز الفحل (*Canna indica*).
2. تصنيع جسيمات الفضة النانوية الـAgNPs من مصادر حية باستخدام بذور نبات الريحان *Ocimum basilicum* كمصدر طبيعي لذلك.
3. توصيف Characterization للـAgNPs التي تم تصنيعها حيويًا بإستخدام التحليل الطيفي للامتصاص المرئي للأشعة فوق البنفسجية (UV) ومطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR) ومقياس حيود الأشعة السينية (XRD) والمجهر الالكتروني الماسح (SEM).
4. تقييم التأثيرات قصيرة المدى لمستويات مختلفة من الـAgNPs على إزالة بعض الخصائص الكيميائية و الفيزيائية لمياه الصرف الصحي مثل المتطلب الحيوي للأوكسجين (BOD_5) والأوكسجين المذاب (DO) والتوصيلية الكهربائية (EC) والأس الهيدروجيني (pH) والأمونيا (NH_3) والنترات (NO_3) و النتريت (NO_2) والفسفور الكلي (TP) والفوسفات الفعالة (PO_4) في نموذج للاراضي الرطبة المشيدة المزروعة باستخدام نبات الموز الفحل (*Canna indica*).
5. الكشف عن التغييرات التي تطرأ على بنية المجتمع الميكروبي في الأراضي الرطبة المشيدة بعد التعرض للـAgNPs مع مياه الصرف الصحي.
6. دراسة تأثير تراكيز مختلفة من الـAgNPs في مياه الصرف الصحي في الاراضي الرطبة المشيدة على بعض الصفات المظهرية والفسلجية لنبات الموز الفحل (*Canna indica*) .

2-1 إستعراض المراجع Literature Review

1-2-1 تلوث المياه Water Pollution

لطالما كان التلوث البيئي مصدر قلق عام وخاصة تلوث المياه. كانت مياه الصرف الصحي الملوثة والتي تنشأ من الأنشطة البشرية في العديد من القطاعات، على سبيل المثال الأنشطة الزراعية والصناعات (التعدين والبطاريات والمواد النووية وأصباغ النسيج والمدايق وما إلى ذلك) ومياه الصرف الصحي المنزلية وغيرها تشكل تهديداً لصحة الإنسان والبيئة. التأثير الأكثر إلحاحاً على البيئة هو تدمير الموائل البحرية ونوعية المياه في الأنهار والبحيرات والأنظمة البيئية المختلفة و تدخل الملوثات الى سلاسل الغذاء وتسبب عواقب وخيمة على الإنسان والحيوان (Sankaran وآخرون، 2020).

ذكرت الأمم المتحدة أن 80% من مياه الصرف الصحي العالمية يتم إطلاقها في النظام البيئي أحياناً بدون أو مع بعض المعالجة. بالإضافة إلى ذلك فإن الطلب المتزايد على المياه النظيفة في المدن والتجمعات السكانية المتوسعة ولأغراض الزراعة المستدامة ولتعزيز توليد الطاقة في التنمية الصناعية، يحث على استخدام النفايات السائلة المعالجة عالية الجودة (Alaqrbeh وآخرون، 2022).

تتكون مياه الصرف التي يتم إنتاجها من الصناعات من مجموعة من المواد الكيميائية السامة العضوية وغير العضوية والعناصر الثقيلة و في الغالب تحتوي مياه الصرف الصناعي على نسبة عالية من تراكيز العناصر الثقيلة والنيتروجين والفوسفور والتي يمكن أن تسبب الاثرء الغذائي الذي يؤثر في المياه العذبة والأنظمة البيئية البحرية، وقد يشكل ذلك تهديداً خطيراً على البيئة، لاسيما التربة والمسطحات المائية. ونتيجة لذلك، فإن الإطلاق المستمر لهذه المياه العادمة سيؤدي في النهاية إلى تراكم تركيز الملوثات العضوية والمواد الكيميائية السامة والمركبات الأخرى غير المرغوب فيها في البيئة (Ling و Chan، 2022).

1-1-2-1 التلوث بمياه الصرف الصحي Waste Water Pollution

أدى الارتفاع السريع في عدد السكان إلى زيادة كميات مياه الصرف الصحي بشكل واسع وكذلك التطور الصناعي والتوسع الحضري والممارسات الزراعية الواسعة التي لم تجعل المياه قدرة أو ملوثة فحسب، بل أدت أيضاً إلى أضرار صحية كبيرة على البيئة والانسان وسبب ذلك اصابة العديد من الناس كل عام بسبب الأمراض التي تنتقل عن طريق استهلاك المياه الملوثة بمسببات الأمراض الضارة (Jain واخرون 2021). إن المياه العادمة غير المعالجة ضارة ليس فقط بالحيوانات الأرضية ولكن أيضاً للأحياء المائية (Ahmed واخرون، 2022). تعتبر مياه الصرف الصحي غير المعالجة حالياً مصدر قلق بيئي رئيسي على نطاق عالمي اذ يعود حوالي 80% من إجمالي مياه الصرف الصحي إلى النظام البيئي دون أي معالجة أو إعادة استخدام. وينتج عن ذلك حالات يعتمد فيها حوالي 1,8 مليار شخص على المياه الملوثة بمختلف الميكروبات ومسببات الأمراض (Khan و Malik، 2019)

يعود تاريخ معالجة مياه الصرف الصحي إلى القرن التاسع عشر عندما تم بناء أول محطة لمعالجة المياه البلدية في اسكتلندا، ومنذ ذلك الحين تم تأسيس المحطات في جميع أنحاء العالم لمعالجة مياه الصرف الصحي للبلدية وغيرها (Mohsenpour واخرون 2021)، حدثت العديد من التطورات الجديدة في مجال معالجة المياه في السنوات الماضية وقدمت البدائل لأنظمة معالجة المياه التقليدية اذ أصبحت المعالجات المتقدمة لمياه الصرف الصحي مجالاً للتركيز العالمي حيث يسعى الأفراد والمجتمعات والصناعات والدول لإيجاد طرق للحفاظ على الموارد الأساسية متاحة ومناسبة للاستخدام و تقدم تقنية معالجة مياه الصرف الصحي المتقدمة، إلى جانب مبادرات الحد من مياه الصرف الصحي وإعادة تدوير المياه وتقليل الخسارة الحتمية للمياه الصالحة للاستخدام (Donkadokula واخرون، 2020).

2-1-2-1 طرق معالجة مياه الصرف الصحي Wastewater Treatment Methods

تتنوع طرق معالجة مياه الصرف الصحي الى فيزيائية وكيميائية وبيولوجية، وهي شائعة الاستخدام في مختلف مناطق العالم، ومن الامثلة على طرق المعالجة المستخدمة حديثا لمياه الصرف الصحي هي :

1- طرق المواد النانوية Nanoparticle Methods

على الرغم من إكتشاف طرق مختلفة لمعالجة مياه الصرف الصحي في العقود القليلة الماضية، إلا إن إستخدامها مقيد بالعديد من القيود بما في ذلك إستخدام المواد الكيميائية وتكوين منتجات التطهير الثانوية، وإستهلاك الوقت والتكلفة، أما تقنية إستخدام المواد النانوية في معالجة المادة على المستوى الجزيئي أو الذري لصياغة هياكل وأجهزة وأنظمة جديدة لها خصائص إلكترونية وبصرية ومغناطيسية وموصلة وميكانيكية فائقة فهي تعد كتكنولوجيا واعدة أظهرت تأثيرات ملحوظة في مختلف المجالات بما في ذلك مجال معالجة مياه الصرف الصحي ، تشتمل المواد النانوية على نسبة سطح إلى حجم عالية وحساسية تفاعلية عالية وقدرة إمتصاص عالية وسهولة في الإستخدم مما يجعلها مناسبة للتطبيق في معالجة مياه الصرف الصحي (Jain واخرون، 2021). و أظهرت إنجازات ملحوظة في مختلف المجالات بما في ذلك معالجة مياه الصرف الصحي (Saravanan واخرون، 2021).

توفر الجسيمات النانوية فرصاً لا مثيل لها لصنع وسائط نشطة للإختزال لتتقية مياه الصرف الصحي وذلك نظراً لصغر حجمها ومساحة سطحها الكبيرة. تم العثور على المواد النانوية لتكون فعالة في التخلص من العديد من الملوثات من مياه الصرف الصحي مثل المعادن الثقيلة والمذيبات العضوية وغير العضوية واللون وكذلك السموم البيولوجية ومسببات الأمراض المختلفة (Malik واخرون، 2022).

2- طرق الأراضي الرطبة المشيدة Constructed Wetlands Methods

الأراضي الرطبة المشيدة هي أنظمة مختلطة تم تصميمها وإنشاؤها لتوظيف الغطاء النباتي للأراضي الرطبة المشيدة للمساعدة في معالجة مياه الصرف الصحي في بيئة أكثر تحكماً مما يحدث في الأراضي الرطبة الطبيعية. كما ورد في تقرير حديث لوكالة حماية البيئة الأمريكية (US-EPA)، فقد حققت أنظمة المعالجة الطبيعية والمنشأة كفاءة عالية في إزالة BOD_5 والمغذيات والمعادن الثقيلة والمركبات العضوية ومسببات الأمراض من مياه الصرف الصحي البلدية، ومع ذلك بدلاً من مفهوم واحد لمعالجة مياه الصرف الصحي في الأراضي الرطبة هناك عدد من الأساليب التي تجمع بين مياه الصرف الصحي والأراضي الرطبة كجزء من مشاريع إدارة جودة المياه. وتشمل هذه الأراضي الرطبة الطبيعية للتخلص من مياه الصرف؛ تحسين أو ترميم أو إنشاء الأراضي الرطبة لمعالجة مياه الصرف الصحي أو استصلاحها (Bioremediation)، وإنشاء أراضي رطبة لمعالجة مياه الصرف الصحي و حالياً يفضل استخدام الأراضي الرطبة المبنية بدلاً من الأراضي الرطبة الطبيعية بشكل عام من قبل وكالة حماية البيئة عند اقتراح مشاريع لمعالجة مياه الصرف الصحي (Sundaravadivel وآخرون، 2001).

استخدم Al-Saadi (2015) الأراضي الرطبة المشيدة CWs المزروعة بنبات عدس الماء (*Lemna minor*) لمعالجة مياه الصرف الصحي وإزالة العناصر الثقيلة، وظهرت النتائج ان متوسط كفاءة إزالة المتطلب الكيماوي للأوكسجين (COD) لخزانات نبات عدس الماء 49,97%، وكانت نسبة الإزالة للملوثات الأخرى 85,61% و 89,48% و 65,45% و 16,76% و 61,6% و 22,35% و 11,54% لكل من درجة الحرارة والأس الهيدروجيني والتوصيل الكهربائي والاملاح الذائبة الكلية والامونيا والنترات والفوسفات على التوالي في حين كانت نسبة الإزالة للكاديوم والكروم والنيكل والرصاص 93,44% و 26,32% و 48,74% و 1,79% على التوالي حيث

أزدادت كفاءة إزالة المعادن الثقيلة في المحاليل الحامضية وأرتفع تركيز الاوكسجين الذائب في الماء من 2 ملغم.لتر¹⁻ إلى 7,7 ملغم.لتر¹⁻.

درس Vymazal (2020) كفاءة ازالة النتروجين من مياه الصرف الزراعي خلال نظام الاراضي الرطبة المشيدة ، وتوصل الى ان نسبة الازالة قد بلغت 61,2% الى 70,9% للنتروجين N .

2- طرق المعالجة بالطحالب الدقيقة Microalgae Bioremediation Methods

4- طرق تقنية الامتزاز Adsorption Technology Methods

5- عملية أكسدة متقدمة لمياه الصرف الصحي Advanced Oxidation Methods

2-2-1 Constructed Wetlands (CWs) الأراضي الرطبة المشيدة

الأراضي الرطبة المشيدة (CWs) هي أحواض يتم تصنيعها و تستخدم لمعالجة المياه. وهي تتكون من أنواع نباتية وركائز (حصى وتريه) وكائنات دقيقة (Cui وآخرون، 2010). من خلالها تتم محاكاة عمليات الأراضي الرطبة الطبيعية في بيئة أكثر تحكماً إلى حد ما (Chavan و Mutnuri، 2021).

يتم تمكين معالجة المياه ومياه الصرف الصحي في الـ CW من خلال مجموعة متنوعة من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية (Jamwal وآخرون، 2021؛ Barya وآخرون، 2021). وتعد منطقة الجذر هي منطقة التفاعل النشط للأراضي الرطبة المشيدة. إذ إنها عبارة عن موقع العمليات الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية الناتجة عن تفاعل النباتات والميكروبات والتربة والملوثات (Stottmeister وآخرون، 2003). هنالك العديد من العوامل التي تؤثر على أداء المعالجة بهذه الأنظمة مثل معدلات التحميل الهيدروليكي، ووقت الإحتفاظ بالمياه، وعمق المياه، وتصميم وبناء الأراضي الرطبة المشيدة وعملية التغذية أو إضافة المغذيات (Chavan و Mutnuri، 2021).

1-2-2-1 Constructed Wetland تطبيقات الأراضي الرطبة في معالجة المياه Applications in Water Treatment

قام Chavan و Mutnuri (2021) بدراسة تهدف الى معالجة المياه العادمة المنزلية في الأراضي الرطبة ذات التدفق العمودي (VFCWs) إضافة الى نظام معالجة الطحالب الدقيقة Microalgae Treatment System (MTS) اذ تمت معالجة مياه الصرف المنزلي في البداية بواسطة النبات الموجود ثم تم اضافة الطحالب الى نفس النظام . وتم استخدام نبات الفحل الموز *Canna indica* في الأراضي الرطبة المشيدة و لوحظ أن النظام المتكامل يزيل 68,9% و 77,4% و 75,8% و 63,6% لكل من COD و NH₄ و Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) و PO₄ على التوالي.

قام Falahi (2021) باختبار نظام الاراضي الرطبة المشيدة ذات التدفق العامودي المزروعة بنبات *Scirpus grossus* للإزالة المتزامنة لدواء الإيبوبروفين ibuprofen و COD والمغذيات (NH_3 و NO_3 و PO_4) من مياه الصرف المنزلية. نجح النظام في إزالة 99,3% من الإيبوبروفين و 88,2% من COD و 99,1% من NH_3 و 72,9% من NO_3 و 83,2% من PO_4 .

درس Datta (2021) تقييم مقياس ميداني للأراضي الرطبة المشيدة (CWS) لمعالجة مياه الصرف الصحي الريفية، في قرية شبه قاحلة شحيحة الموارد لتوفير إدارة محسنة لمياه الصرف الصحي وزيادة كفاءة استخدام المياه، حيث تم تشغيل CWS في قرية Kothapally في Telangana في جنوب دولة الهند لمعالجة المياه العادمة الناتجة عن 100 أسرة كان CWS مزروعاً بالبردي *Typha latifolia* والموز الفحل *Canna indica*. بلغ متوسط كفاءة إزالة النيتروجين غير العضوي والكبريتات 65% و 60% على التوالي لمدة سنة واحدة وكانت كفاءة الإزالة للبكتيريا القولونية الكلية أعلى من 80%.

وجد Khan (2020) عند اختبار نظام الاراضي الرطبة المشيدة لمدة 3 أشهر لتقييم أدائه في إزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي. حقق نظام الاراضي الرطبة المشيدة ذات التدفق الافقي (HFCWS) مقترناً بجهاز تثبيت الأنابيب كفاءة إزالة تصل إلى 79% فوسفات و 94% للCOD و 96% BOD_5 و 97% Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS) و 98% للمواد الصلبة العالقة الكلية و Total Suspended Solids (TSS). ومع ذلك، لم تتم ملاحظة عملية النترجة ولوحظ تراكم النترات بنسبة تصل إلى 197%. وخلصت الدراسة إلى أنه قد يكون بسبب وجود المواد الصيدلانية والعناصر الأخرى الموجودة في مياه الصرف الصحي المطروحة من المستشفيات الأثر الكبير في ذلك .

وكما وجد Vymazal (2020) ان نظام الـCWS المشيدة المدعوم أساساً بكتلة حيوية نباتية عالية وتحميلات تدفق منخفضة مسؤولة عن إزالة ما يصل إلى 62% من النيتروجين و 58% من الفسفور، كون

الاراضي الرطبة المشيدة ذات التدفق الافقي (HFCWs) عند استخدامها كعملية ازالة للمغذيات التي تكون بتراكيز ضئيلة، وعندما تكون مياه الصرف تحتوي على نسب عالية من المغذيات تقل نسبة الازالة وبالعكس.

قام Sandoval (2019) بإستخدام نباتات الزينة في الاراضي الرطبة المشيدة (CWs) مقابل أنظمة الأراضي الرطبة الطبيعية (Natural Wetland Systems (NWS) بدون نباتات لإزالة الملوثات (المواد العضوية والنيتروجين ومركبات الفوسفور) اذ كانت كفاءة الإزالة متشابهة بين نباتات الزينة المزهرة ونباتات الأراضي الرطبة الطبيعية. ومع ذلك، كانت إزالة الملوثات أفضل عند استخدام نباتات الزينة في الـCWs من السيطرة . عند مقارنة كفاءة إزالة الملوثات في CWs مع NWS بوجود النباتات و CWs بدون نباتات، كانت إزالة الملوثات أعلى بنسبة 40% تقريباً للـTSS و COD و BOD والنيتروجين الكلي TN و NO₃ في CWs مع النباتات مقارنة مع تلك التي لا تحتوي على نباتات. بالنسبة إلى الـTP كانت كفاءة الإزالة أعلى بنسبة 70% تقريباً في CWs التي تستخدم نباتات الزينة عنها في تلك التي لا تحتوي على نباتات.

2-2-2-1 Constructed Wetlands Plants الرطبة

تلعب النباتات دوراً مهماً في الـCWs من خلال توفير شروط الترشيح الفيزيائي لمياه الصرف الصحي، ومساحة كبيرة محددة لنمو الميكروبات، ومصدر للكربوهيدرات للبكتيريا وتمتص العناصر الغذائية وتدمجها في الأنسجة النباتية وتساعد على زيادة تركيز الاوكسجين مما ينشئ منطقة يمكن أن تزدهر فيها الكائنات الحية الدقيقة الهوائية ويمكن أن تحدث الأوكسدة الكيميائية كما أنها توفر بيئات للحياة البرية وتجعل نظام معالجة مياه الصرف الصحي أكثر جاذبية بصرياً ويعد اختيار الأنواع النباتية في الـCWs جانباً مهماً أثناء عملية تصميم الـCW (Karungamy, 2022).

نبات الموز الفحل

يعد نبات الموز الفحل احد نباتات الاراضي الرطبة والذي يعرف بنبات الكنا او القنا او الكنا الهندية من عائلة *Cannaceae* و جنسة *Canna* يحتوي نبات الموز الفحل على عدد كبير من المواد الكيميائية النباتية مثل مستقلبات البوليفينول الثانوية (Polyphenole) ومركبات الفلافونويد (Flavonoids) ويوليمرات إيزوبرين تريينويد (Isoprene terpenoid polymers) ونيتروجين أساسي تحتوي على جزيئات عضوية قلويدات وبروتينات و منشطات و جليكوسيدات و زيوت و التانينات و الكربوهيدرات والأصباغ و والكثير من المواد الاخرى (Pandey، وBhandari 2021).

تلعب نباتات الموز الفحل دورا هاما في الحفاظ على التربة وهي سريعة النمو وتساعد الأوراق في حماية التربة من المطر وهي كذلك خامات جيدة للسماد الأخضر بسبب ارتفاع محتوى المغذيات الكبيرة ويمكن استخدامها لتحسين خصوبة التربة (Moossa و اخرون، 2015). كما تستخدم نباتات الموز الفحل كأحد طرق المعالجة النباتية لإزالة الرصاص والزنك والكروم وعن طريق عمليات التثبيت النباتي لإزالة النيكل والكاديوم (Ediviani و اخرون، 2018).

أظهرت فعالية نباتات *Canna indica* في الـCWs نتائج مشجعة لإزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي (Karungamy ، 2022) . وقد وجد Ghezali (2022) عند دراسة فعالية الاراضي الرطبة ذات الدفق العامودي تحت السطحي المزروعة بنبات *Canna indica* والغير مزروعة إلى أن الأراضي الرطبة المزروعة قد أزلت بكفاءة 85% من إجمالي الـTSS و 96,38% من إجمالي الـTN و 96,15% من الـNO₃ و 99,15% من الـNH₄ و 99,87% من الـNO₂. كان متوسط الكفاءة الكلية لإزالة المعادن الثقيلة في الـCWs المغطاة بالنباتات أكبر بكثير من تلك الموجودة في مجموعة السيطرة.

ووجد Pinninti (2021) عند تقييم أداء الأراضي الرطبة ذات التدفق العمودي لمعالجة مياه الصرف الصحي المنزلية وبشكل أكثر تحديداً إمكانات *Canna Indica* في إزالة الكربون والنيتروجين والفسفور من مياه الصرف الصحي في ظل الظروف الاستوائية و ان نباتات *Canna indica* تُظهر كفاءة إزالة عالية للـCOD و BOD₅ بترتيب 87% و 91% على التوالي وبالمثل فإن كفاءة إزالة الفضلات مثل الـTN والـTP كانت 97% و 98% على التوالي واطهرت الدراسة أن هناك إزالة كبيرة للكبريتات بكفاءة تعادل 78,4%.

أما Wu (2019) فقد قام بدراسة تهدف الى التحقق من تأثير نوعين من النباتات على المجتمعات الميكروبية وجينات إزالة النيتروجين و تقييم امتصاص الملوثات بواسطة نبات *Canna indica* و *Cyperus alternifolius* في أداء الإزالة في كل من الـHFCws و الـVFCWs.

3-2-1 الجسيمات النانوية (NP) Nanoparticles

تم اقتراح فكرة تقنية النانو لأول مرة بواسطة Feynman في عام 1959 حيث خلقت تقنية النانو فرصاً جديدة في العديد من الصناعات، مثل تغليف المواد الغذائية وتربية الحيوانات والإلكترونيات والزراعة والرعاية الصحية كما أنها واحدة من أحدث التطورات الصناعية (Balachandar وآخرون، 2019). وتعتبر تقنية النانو فرعاً من علوم النانو حيث تقدم إنجازات تؤدي إلى التوسع الصناعي والاقتصادي (Ayyanaar وآخرون، 2020). وستكون تقنية الجسيمات النانوية الصديقة للبيئة خطوة مرحب بها في العصر العلمي الحديث. إن الكثير من الأبحاث التي تهتم بتقنية النانو تهدف إلى إنشاء مادة جديدة بأساليب عديدة و يمكن تعريف الجسيمات النانوية (NPs) Nanoparticles على أنها جزيئات صغيرة يتراوح قطرها ما بين 1- 100 نانومتر من المواد غير العضوية أو العضوية (Khmara وآخرون، 2019).

إن Silvernanoparticles (AgNPs) هي مواد مهمة ولها مزايا مستقبلية كبيرة مقارنة بالمواد الأخرى فيما يتعلق بالخصائص الفيزيوكيميائية، مثل السمية المنخفضة، والمحفزات عالية النشاط، والأحجام الصغيرة، وارتفاع مساحة السطح إلى نسبة الحجم والخصائص المغناطيسية (Unsoy وآخرون، 2012). تشمل الجسيمات النانوية والمركبات النانوية على نطاق كبير من التطبيقات التي تحتوي على استهداف مغناطيسي وعلاج جيني ومعالجات بيئية وعوامل ومضادة للميكروبات (Tsai وآخرون، 2008؛ Hariani وآخرون، 2013). ومع ذلك فإن خصائص المواد النانوية مثل الامتصاص والتحفيز والتفاعلية ومساحة السطح الأكبر تجعلها فعالة للغاية في معالجة مياه الصرف الصحي (Jangid و Inbaraj، 2021).

1-3-2-1 التصنيع البيولوجي (الحيوي) للجسيمات النانوية Biosynthesis of Nanoparticles

يتم تطوير العديد من التقنيات يوماً بعد يوم لتصنيع الجسيمات النانوية. هناك ثلاث فئات أساسية من تقنيات التصنيع للجسيمات النانوية وهي الطرق البيولوجية (الحيوية) والطريقة الفيزيائية والطرق الكيميائية (Singh وآخرون، 2020) وتعد أفضل طريقة لتصنيع الجسيمات النانوية هي الطريقة الحيوية بسبب البساطة وعدم السمية والفعالية وانخفاض التكلفة (Alharbi وآخرون، 2022).

يتضمن التصنيع الحيوي تصنيع الجسيمات النانوية باستخدام مستخلصات نباتية وكائنات دقيقة مثل البكتيريا والفطريات و يمكن استخدام نباتات مختلفة لتصنيع وتثبيت الجسيمات النانوية، حيث استخدم العديد من الباحثين الطريقة الحيوية لتصنيع جزيئات أكاسيد المعادن أو المعادن النانوية باستخدام أجزاء مختلفة من النبات (Sharma وآخرون، 2022). كذلك تمتاز البكتيريا بالقدرة على اختزال أيون المعدن وبالتالي تستخدم في تصنيع الجسيمات النانوية. إن التصنيع الحيوي للجسيمات النانوية المعدنية باستخدام الفطريات هو أيضاً طريقة فعالة للغاية وتعمل الفطريات كعامل حيوي لتصنيع الجسيمات النانوية. تعتبر

الكائنات الحية الدقيقة أداة فعالة في تصنيع المواد النانوية من حيث التكلفة وكونها صديقة للبيئة، وكذلك تجنب المواد الكيميائية السامة.

أظهرت تقنية Phytonanotechnology حقلاً جديداً لتصنيع الجسيمات النانوية وهذه الطريقة هي صديقة للبيئة وبسيطة واقتصادية من حيث التكلفة. تستخدم تقنية Phytonanotechnology النباتات لتصنيع الجسيمات النانوية إذ يتم تصنيع الجسيمات النانوية باستخدام جزء من النبات مثل الجذر أو الساق أو البذور أو الأوراق (Madura وآخرون، 2022). إن الآلية الدقيقة لتصنيع الجسيمات النانوية باستخدام النبات توضح أن الأحماض العضوية والفيتامينات والبروتينات والمستقبلات الثانوية مثل القلويدات والفلافونويدات والترينويدات والسكريات والمركبات الحلقية غير المتجانسة مسؤولة عن تصنيع أنواع مختلفة من الجسيمات الدقائقية (Ijaz وآخرون، 2020). إن الجسيمات النانوية المصنعة حيويًا تتضمن على العديد من التطبيقات المحتملة في المجالات البيئية والطبية الحيوية، وإن التصنيع الحيوي يهدف بشكل خاص إلى تقليل استخدام المواد الكيميائية السامة (Jadoun وآخرون، 2021).

ومن الأمثلة على التصنيع الحيوي للمواد النانوية بطريقة حيوية هو ماتم اجراءه من قبل (Sankareswari وآخرون، 2022) حين قام بتصنيع جزيئات AgNPs من مستخلص بذور البازلاء الوردية (*Abrus precatorius*)، وإستخدم (Haridas وآخرون، 2022) أوراق القهوة العربية، كذلك قام (Madura وآخرون، 2022) بتصنيع AgNPs من أوراق وسيقان وجذار نبات سرّة الارض (*Centella asiatica*)، وايضا استخدم (Kumar وآخرون، 2022) الـ Jacalin (وهو لكتين نباتي منقى من بذور فاكهة الكاكايا) للتصنيع الحيوي للـ AgNPs، بينما استخدم (Alnuaimi وآخرون، 2022) مستخلص يرقات *Trogoderma granarium* كعامل تغطية وعامل مختزل لتصنيع

الـ AgNPs وإستطاع (John وآخرون، 2022) من تصنيع AgNPs باستخدام ثلاث سلالات بكتيرية *Rhodococcus* و *Brevundimonas* و *Bacillus* كعوامل اختزال وأكسدة.

1-2-3-2 جسيمات الفضة النانوية (AgNPs) Silver Nanoparticles

ظهرت تقنية النانو مؤخراً كحقل سريع النمو مع العديد من تطبيقات العلوم الطبية الحيوية في الوقت نفسه، تم استخدام الـ AgNPs كمواد مضادة للميكروبات ومطهر خال نسبياً من الآثار الضارة (Balachandar وآخرون، 2022). تمتلك الـ AgNPs مجموعة واسعة من الخصائص المضادة للبكتيريا والفطريات والفيروسات (Choudhary وآخرون، 2022) وتمتلك الـ AgNPs القدرة على اختراق جدران الخلايا البكتيرية، وتغيير بنية أغشية الخلايا، بل وتؤدي إلى موت الخلايا وفعاليتها وهذا لا يرجع فقط إلى حجمها النانوي ولكن أيضاً إلى النسبة الكبيرة من مساحة السطح إلى الحجم (Yin وآخرون، 2020).

وبالنسبة لتأثير الـ AgNPs على البكتيريا فقد تم استخدامها كعامل مضاد للميكروبات ممتاز قادر على مكافحة البكتيريا المسببة للعدوى، بما في ذلك السلالات المقاومة للأدوية المتعددة و تُظهر الـ AgNPs آليات عمل متعددة ومتزامنة وبلافتزان مع العوامل المضادة للبكتيريا كمركبات عضوية أو مضادات حيوية فقد أظهرت تأثيراً تآزرياً ضد البكتيريا المسببة للأمراض مثل *Escherichia coli* و *Staphylococcus aureus* (Bruna وآخرون، 2021).

وقد وجد (Keshari وآخرون، 2020) ان طرق مضادات الأكسدة أكدت أن الـ AgNPs لها نشاط أكثر كمضاد للأكسدة مقارنة بفيتامين C.

اما بالنسبة لآلية مضادة للجراثيم للـ AgNPs فعلى الرغم من أن الآلية الدقيقة للتأثيرات المضادة للبكتيريا لم يتم توضيحها بالكامل، فقد تم اقتراح العديد من الإجراءات المضادة للبكتيريا، منها امكانية إطلاق أيونات الفضة باستمرار، والتي يمكن اعتبارها آلية لقتل الميكروبات (Bapat وآخرون، 2018).

كما ان التقارب مع البروتينات يمكن أن يؤدي الى التصاق الأيونات بجدار الخلية والغشاء السيتوبلازمي، وايضا يمكن أن تعزز الأيونات الملتصقة نفاذية الغشاء السيتوبلازمي وتؤدي إلى تعطيل الغلاف البكتيري (Khorrami وآخرون، 2018).

كذلك فان إمتصاص أيونات الفضة الحرة في الخلايا يمكن ان يؤدي الى تنشيط إنزيمات الجهاز التنفسي، مما ينتج عنه إنتاج أنواع من الأوكسجين التفاعلي و يعيق إنتاج DNA (Ramkumar وآخرون، 2017). كما يمكن أن تكون عاملاً رئيسياً في إثارة تمزق غشاء الخلية وتغيير الحمض النووي (DNA) و نظراً لأن الكبريت والفسفور مكونان مهمان من مكونات الحمض النووي فإن تفاعل أيونات الفضة مع الكبريت والفسفور يمكن أن يسبب مشاكل في تكرار الحمض النووي، وتكاثر الخلايا، أو حتى يؤدي إلى إنهاء الكائنات الحية الدقيقة ، كذلك يمكن أن تمنع أيونات AgNPs تصنيع البروتينات عن طريق تغيير طبيعة الريبوسومات في السيتوبلازم (Durán وآخرون، 2016).

قام (Chen وآخرون، 2022) بتطبيق AgNPs في نمطين وراثيين (G1 و G2) من حبوب نبات الماش (*Vigna radiata*) لتخفيف سمية الرصاص وأوضحنت النتائج أن AgNPs يؤدي الى استجابة النباتات تحت ضغط الرصاص وساهمت بشكل خاص في تحمل العناصر الثقيلة للنباتات .

وفي دراسة قام بها (Cao وآخرون، 2021) حول اختبار نظام الاراضي الرطبة المشيدة في ازالة النتروجين بوجود AgNPs وجد ان جزيئات AgNPs عند تركيز 0,5 مايكروغرام.لتر⁻¹ لم تبدي اي تأثير في ازالة الامونيا، بينما تركيز 2 مايكروغرام.لتر⁻¹ من AgNPs قلل من ازالة النترات. وتوصل (Huang وآخرون ، 2019) الى ان اضافة AgNPs في الاراضي الرطبة المشيدة CWs يؤثر على هيكل المجتمعات الميكروبية وكذلك يؤثر على كفاءة ازالة النتروجين من CWs على المدى القصير والبعيد.

وتوصل (Huang وآخرون ، 2019) في دراسة قام بها الى ان اضافة الـ AgNPs الى الاراضي الرطبة المشيدة كنظام معالج لمياه الصرف الصحي ان الـ AgNPs كانت كفاءة في إزالة الـ COD بينما ابدت كفاءة اقل في إزالة النيتروجين والفسفور و كذلك أدى وجود الـ AgNPs إلى تغيير الوفرة النسبية للبكتيريا.

الفصل الثاني

Chapter Two

المواد وطرائق العمل

Materials and Methods

Materials 1-2

Equipment 1-1-2

جميع الأدوات والأجهزة المختبرية المستخدمة في هذه الدراسة مع اسم الشركة المصنعة وبلد المنشأ تم ادراجها في الجدول (1).

جدول 1: الأدوات والأجهزة المختبرية المستخدمة في هذه الدراسة.

الشركة وبلد المنشأ	الأدوات و الاجهزة المختبرية
Biozek / China	Petri Dishes اطباق بترى
Schuchardt/ Germany	Micro filter paper 0.45 µm اوراق ترشيح
Schuchardt/ Germany	Whatman filer paper اوراق ترشيح
Vaccubrand/Germany	Vacuum Pump جهاز الترشيح
Hettich/Germany	Centrifuge جهاز الطرد المركزي
PG/UK	Spectrophotometer جهاز المطياف الضوئي
Garmin/ USA	GPS جهاز تحديد الموقع الجغرافي
Hirayama / Japan	Autoclave جهاز تعقيم
Heidolph/Germany	Vortex جهاز مازج
Memmert/ Germany	Incubator الحاضنة
Heidolph/Germany	Hot Plate Magnetic Stirrer سطح ساخن مغناطيسي
Mermert /Germany	Oven فرن
Cryste/Korea	Laminar flow الكابينة المعقمة
Slamed / Japan	Automatic micropipettes ماصة
Sartious/Germany	Sensitive Balance ميزان حساس

2-1-2 المواد الكيميائية Chemicals

المواد الكيميائية المستخدمة في هذه الدراسة مع اسم الشركة المصنعة وبلد المنشأ تم ادراجها في الجدول (2).

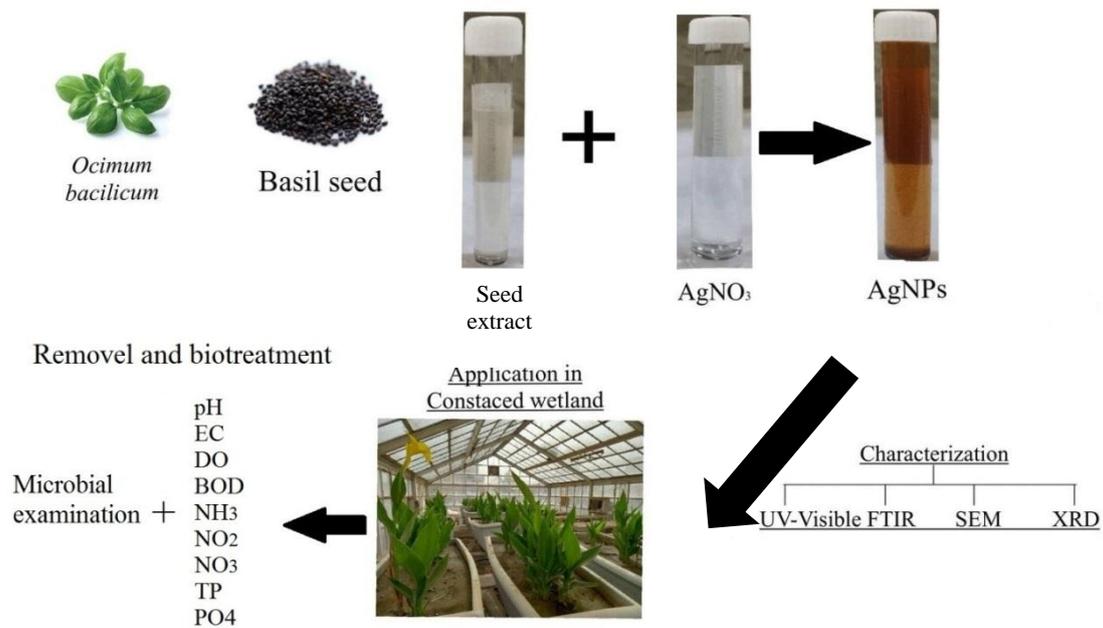
جدول 2: المواد الكيميائية المستخدمة في هذه الدراسة

الشركة وبلد المنشأ	المواد الكيميائية
BDH/England	Ammonium molybdate (NH ₄)MO ₇ O ₂₄
Himedia/India	Coliform chromogenic agar
Lab	Deionized water
Scharllab/Spain	Ethanol (absolute alcohol)
BDH/England	Guaicaol
Fluka/Germany	H ₂ O ₂ 30 mM
Fluka/Germany	Hydrochloric acid (HCL)
BDH/England	K ₂ HPO ₄
BDH/England	KH ₂ PO ₄
Fluka/Germany	n-(1-naphthyl)ethylenediamine dihydrochloride
BDH/England	NaOH
BDH/England	Nitric Acid (HNO ₃)
Fluka/Germany	Potassium antimonyl tartrate [K ₂ Sb ₂ (C ₄ H ₂ O ₆) ₂]
ASpectrum/bioscience	Sodium citrate
BDH/England	Sulphonile amide
BDH/England	Sulphuric acid (H ₂ SO ₄)

2-2 طرائق العمل Methods

1-2-2 تصميم التجربة Study Design

Biosynthesis of AgNPs



صورة 1: تصميم التجربة

2-2-2 موقع اجراء التجربة Study Area

تم اجراء تجربة نظام الاراضي الرطبة المشيدة في احد البيوت الزجاجية التابعة لقسم علوم الحياة كلية العلوم في جامعة بابل، استمرت التجربة لمدة 8 أسابيع ابتداءً من تاريخ ، حيث تم تخصيص الـ4 أسابيع الأولى لتأقلم واستقرار النبات في الأراضي الرطبة المشيدة CWs عن طريق السقي بماء الإسالة وخلال الـ4 أسابيع الثانية تم تغذية كل من الأراضي الرطبة المشيدة بـ 20 لتر من مياه الصرف الصحي في البداية، بعد ذلك إضافة مياه الصرف المجهزة بتركيز مختلفة من AgNPs بانتظام كل اسبوع على مستوى 10سم فوق سطح التربة في اليوم الذي يلي جمع العينات من الاحواض التجريبية طوال مدة الدراسة.

3-2-2 تشييد الاراضي الرطبة المشيدة Constructed Wetlands

تم تشييد 12 نموذج من الاراضي الرطبة (صورة 1) وفق ما جاء به (Pinninti وآخرون، 2021) اذ كانت ابعاد الهيكل لكل نموذج (40 سم × 60 سم × 80 سم) وتم وضع طبقة أرضية داخل كل نموذج مكونة من الحصى الذي يبلغ حجمه (1-3) سم الى ارتفاع 20 سم والى فوق منها طبقة من التربة المزيجية التابعة لقسم علوم الحياة الى ارتفاع 10 سم وغمرت الطبقة السطحية بماء الى ارتفاع 10 سم الى الاعلى من طبقة التربة. و كذلك تم وضع منفذ يمكن التحكم به لغرض جمع عينات المياه ومسد ارتفاعه 3 سم تحت النموذج ليكون بشكل مائل و تم زراعة نبات الموز الفحل *Canna indica* (الذي تم الحصول عليه من احد المشاتل في مدينة الحلة) في جميع نماذج الأراضي الرطبة بواقع 4 نباتات بارتفاع 15 سم في كل نموذج تجريبي



صورة 2: مراحل تصنيع الاراضي الرطبة

4-2-2 Wastewater Sample Collection **جمع عينات مياه الصرف الصحي**

تم جمع المياه من أحواض التجميع (بدون أي معالجة) في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في المعيميرة (44°28'21052636" و 32°25'29013048") في مدينة الحلة، محافظة بابل، العراق. تم جمع مياه الصرف الصحي أسبوعياً في الساعة 9 صباحاً في قناني ماء نظيفة ومغسولة سعة 20 لتر تم تثبيت الأغشية على القناني ونقلها إلى مختبر أبحاث البيئة المتقدمة في قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة بابل طوال مدة الدراسة لغرض ري الوحدات التجريبية التي تحتوي على ثلاث تراكيز مختلفة من الـ AgNPs (0,1 و 5 و 10) مايكروغرام. لتر⁻¹ وبثلاث تكرارات لكل تركيز

5-2-2 **التصنيع الحيوي لجسيمات الفضة النانوية** Biosynthesis of AgNPs

1- **تحضير المستخلص النباتي** Preparation of the Plant Extract

تم تحضير المستخلص النباتي المائي من بذور نبات الريحان *Ocimum basilicum* الذي تم الحصول عليه من الاسواق المحلية وتم تأكيد تصنيفه في معشب كلية العلوم جامعة بابل، وبسبب وجود مضادات الأكسدة في بذور الريحان تم استخدام المستخلص النباتي المائي كعامل مختزل في التصنيع الحيوي للـ AgNPs . تم غسل بذور الريحان عدة مرات بماء خالي من الأيونات Deionized Water لإزالة الأوساخ والغبار. بعدها تم طحن بذور الريحان وخلط 10 غرام من مسحوق البذور مع لتر من الماء الخالي من الأيونات وتركه لمدة 12 ساعة ثم ترشيح هذا المستخلص وتخزينه عند درجة حرارة 4 مئوية .

2- تحضير (10 ملي مولاري) من نترات الفضة $AgNO_3$.

من أجل تحضير (10 ملي مولاري) من نترات الفضة $AgNO_3$ ، تم إذابة 0,169غم من $AgNO_3$ (الوزن الجزيئي = 0.169 جم.مول⁻¹) في 100 مل من الماء منزوع الايونات (Khshan & Alkafaje, 2021)

3- التصنيع الحيوي لدقائق الفضة النانوية Biosynthesis of AgNPs

تم تعديل الأس الهيدروجيني الى 9 ومن بعدها تم اضافة حوالي 25 مل من $AgNO_3$ بتركيز (10 ملي مولاري) الى المستخلص النباتي، وتم تحريكها باستخدام محرك مغناطيسي بسرعة 500 دورة في الدقيقة لمدة 30 دقيقة وعلى درجة حرارة 80 مئوية وبعد مرور 30 دقيقة تم تغيير لون المحلول الى البني المحمر بعد تكون الـAgNPs. تم شطف المحلول المحتوي على الجسيمات النانوية ثلاث مرات بالماء خالي الأيونات وبقوة طرد مركزي 1200 لمدة 15 دقيقة لفصل دقائق الـAgNPs. وبعدها تم تعليق الراسب بالماء خالي الأيونات وحفظها في درجة حرارة المختبر. بالاعتماد على (Suganya *et al.*, 2022)

2-2-6 توصيف جسيمات الفضة النانوية AgNPs

تم اجراء الفحوصات في مختبرات داخل دولة ايران

2-2-6-1 الطيف المرئي فوق البنفسجي UV- VIS

تم مسح الجسيمات النانوية التي تم الحصول عليها على مدى طول موجي من 400 إلى 800 نانومتر وتم الرسم البياني باستخدام مقياس الطيف الضوئي T80 UV- VIS Spectrophotometer من PG Instruments Ltd

2-6-2-2 مطياف الأشعة فورييه تحت الحمراء FT-IR

تم إجراء فحص FT-IR للـ AgNPs المجففة والمصنعة حيويًا باستخدام مطياف Fourier Transform Infrared Spectrometer من JASCO FT-IR-6300 في نطاق الطول الموجي من 400 إلى 4000 سم⁻¹ ونفاذية من 10% إلى 110%.

2-6-2-3 حيود الأشعة السينية XRD

تم استخدام فضة نانوية مجففة لإجراء الفحص حيث استخدم Cu K α ($\lambda = 1.5405 \text{ \AA}$) على الزاوية 2θ و بمدى بين 20 - 90 درجة. تم احتساب الحجم البلوري بواسطة معادلة Scherrer:

$$D = K \lambda / \beta \cos \theta$$

حيث ان : D = معدل الحجم البلوري

$$K = \text{ثابت شرر } 0,9$$

$$\beta = \text{عرض نصف حزمة الموجة}$$

$$\theta = \text{زاوية حيود}$$

2-6-2-4 المجهر الإلكتروني الماسح SEM

اجري هذا الفحص لتحليل ، وتعيين خواص الفضة النانوية وتحديد أبعاده أسطح الجسيمات النانوية من خلال تسليط حزمة من الإلكترونات على الجسيمات و باستخدام مجهر المسح الإلكتروني TESCAN VEGA3.

7-2-2 قياسات مياه الصرف الصحي Wastewater Measurements

تم اجراء جميع الفحوصات المختبرية في مختبر البيئة المتقدم/كلية علوم الحياة/جامعة بابل

1-7-2-2 الفحوصات الفيزيائية والكيميائية Physical and Chemical Examinations**1- الأس الهيدروجيني pH**

تم قياس الأس الهيدروجيني بواسطة Hanna HI-9813-6 pH/EC/TDS/°C Portable Meter

بعد معايرته بالمحاليل المنظمة Buffer Solutions .

2- التوصيلية الكهربائية EC

تم قياس التوصيلية الكهربائية بواسطة Hanna HI-9813-6 pH/EC/TDS/°C Portable

Meter بعد معايرته بالمحاليل القياسية وتم التعبير عن النتائج بـ مايكروسيمنز.سم⁻¹.

3- الأوكسجين المذاب DO

تم قياس الأوكسجين المذاب بواسطة جهاز OAKTON® DO 110 Series وتم التعبير عن

النتائج مليغرام.لتر⁻¹.

4- المتطلب الحيوي للأوكسجين BOD₅

تم قياس المتطلب الحيوي للأوكسجين وفق ما جاء في (APHA , 2003) وكما يلي:

- طريقة العمل

تم قياس عينات المياه للـBOD₅ بقياس الأوكسجين المذاب في المختبر قبل التحضين وبعده

باستخدام قناني ونكلر سعة 300 مل عند درجة حرارة 20±1°م. وتم التعبير عن النتائج بوحدة

مليغرام.لتر⁻¹.

$$\text{BOD}_5 = D_i - D_f$$

حيث ان : D_i = تركيز الأوكسجين المذاب الأولي قبل الحضانة.

D_f = تركيز الأوكسجين المذاب النهائي بعد الحضانة لمدة (5 أيام) عند $(21 \pm \text{درجة مئوية})$.

5- النتريت NO_2

تم قياس النتريت بطريقة المطياف الضوئي ، وفق ما جاء في (APHA , 2003) وكما يلي:

المحاليل المستخدمة

كاشف النترات

تم تحضيره من إضافة 100 مل من حامض الفوسفوريك 85% و 10 غرام من sulfanilamide الى 800 مل من الماء المقطر الخالي من الايونات وبعد ذوبان sulfanilamide بشكل كامل يضاف 1 غرام من n-(1-naphthyl)ethylenediamine dihydrochloride ويمزج جيدا حتى تتم الإذابة ثم يخفف إلى لتر واحد، يبقى هذا المحلول مستقراً لمدة شهر عند خزنه في قنينة معتمة في الثلاجة.

طريقة العمل

تم قياس النتريت بإضافة 2 مل من كاشف النترات إلى 50 مل من العينة المرشحة خلال ورقة الترشيح ذات مسامية 0.45 مايكرومتر بعدها تم قراءة الامتصاصية على طول موجي 534 نانومتر بواسطة جهاز المطياف الضوئي موديل (T80 UV\VIS Spectrometer PG Instruments Ltd) وعبر عن النتائج بوحدة مليغرام.لتر⁻¹.

6- النترات NO_3

أتبعت الطريقة الموضحة من قبل (Parsons et al., 1984)

المحاليل المستخدمة

ساليسلات الصوديوم (0,5% محاليل مائية محضرة طازجة)، حامض الكبريتيك (96%) هيدروكسيد الصوديوم (c(NaOH)) 10 مول.لتر⁻¹، 400 غرام هيدروكسيد الصوديوم مذاب في الماء المقطر في 1000 مل دورق حجمي) .

طريقة العمل

تم اخذ 10مل من العينة وازافة 1مل من ساليسلات الصوديوم وبرد المحلول ثم تم اضافة 1مل من حامض الكبريتيك وترك لمدة 10 دقائق ثم نقل الى دورق زجاجي حجم 50 مل وتم اضافة 7مل من هيدروكسيد الصوديوم وكمل المحلول الى 50 مل بالماء المقطر وبعد 10 دقائق يقاس المحلول عند الطول الموجي 410 نانومتر و عبر عن الناتج النهائي بوحددة مليغرام.لتر⁻¹.

7- الأمونيا NH₃

استعملت طريقة الفينات (Phenate method) والموضحة من قبل جمعية الصحة العامة الامريكية (APHA ، 2017) لتقدير تركيز الامونيا ، كما يلي :

المحاليل المستخدمة

المحلول المؤكسد : Oxidizing solution

استخدم هذا المحلول في الكشف عن الأمونيا وتم تحضيره من مزج 100 مل من محلول السترات القاعدي (يحضر من إذابة 200 غرام trisodium citrate و 10 غرام من sodium hydroxide في ماء مقطر لا ايوني ثم يخفف الى 1000 مل) مع 25 مل من هايبيوكلورات الصوديوم (محلول تجاري 5%) ويحضر هذا المحلول بشكل يومي.

محلول الفينول Phenol Solution

محلول صوديوم نيتروبروسايد (w / v) sodium nitroprusside solution , 0.5 % .

طريقة العمل

تم اخذ 25 مل من العينة واطيف اليها 1 مل من phenol solution و 1 مل من oxidizing solution ثم تترك لمدة ساعة واحدة على الاقل في ضوء خافت بدرجة حرارة الغرفة 22 - 27 م° ثم بعدها تقاس الامتصاصية على طول موجي 640 نانومتر بواسطة جهاز المطياف الضوئي، وعبر عن النتائج بوحدات مايكروغرام.لتر⁻¹.

8- الفسفور الكلي TP

تم قياس الفسفور بطريقة حامض الاسكوريك ، باستخدام جهاز المطياف الضوئي ، وفق ما جاء في

(Edwards , 1965)

المحاليل المستخدمة

- حامض الكبريتيك 5N حيث يخفف 70 مل من H₂SO₄ إلى 500 مل من الماء المقطر .
- محلول تريتات البوتاسيوم الأنتيمون: يذاب 1,3715 جم في 400 مل ماء مقطر في دورق حجمي 500 مل ويخفف إلى الحجم 500. يخزن في زجاجة ذات سدادة زجاجية.
- محلول موليبدات الأمونيوم يذاب 200 جم في 500 مل ماء مقطر. تخزين في زجاجة ذات سدادة زجاجية.
- حمض الأسكوريك تم إذابة 1,76 جم من حمض الأسكوريك في 100 مل ماء مقطر. يكون المحلول مستقر لمدة أسبوع تقريباً عند 4 درجات مئوية.

- الكاشف : تم مزج الكواشف أدناه في نسب منخفضة لكل 100 مل من الكاشف المشترك:

50 مل من H_2SO_4 و 5 مل من محلول تترترات البوتاسيوم الأنتيمون و 15 مل من محلول موليبيدات

الأمونيوم و 30 مل من محلول حامض الأسكوربيك. تخلط بعد إضافة كل المحاليل.

تصل الكواشف إلى درجة حرارة الغرفة قبل خلطها و تخلط بالترتيب المعطى. الكاشف مستقر لمدة 4

ساعات.

طريقة العمل

تم إضافة 50 مل من العينة في ورق مخروطي سعة 125 مل نظيف وجاف. تم إضافة (قطرة

واحدة) 0,05 مل من كاشف الفينول. عند ظهور لون أحمر، تم إضافة H_2SO_4 حتى اختفاء اللون وتم

إضافة 8 مل من الكاشف و خلط جيداً ثم تم قياس الامتصاصية لكل عينة عند 800 نانومتر بعد 10

دقائق على الأقل ولكن لا تزيد عن 30 دقيقة.

9- الفوسفات الفعالة PO_4 Orthophosphate

تم قياس الفوسفات الفعالة Orthophosphate باستخدام جهاز المطياف الضوئي ، وفق ما جاء في

(APHA، 2017) وكما يلي :

المحاليل المستخدمة

كاشف الموليبيدات – فاناتات Molybdate - Vanadate Reagent

تم إذابة 20 غرام من موليبيدات الأمونيوم Ammonium heptamolybdate المطحون،

$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ ، في 400 مل من الماء الدافئ (المحلول أ). تم إذابة 1 غرام من

ميثافانادات الأمونيوم Ammonium metavanadate في حوالي 300 مل من الماء الدافئ ، ثم تم تبريده وأضافته ببطء مع التقليب 140 مل من حمض النيتريك المركز (المحلول ب).

تم اضافة المحلول أ إلى المحلول ب مع التحريك المستمر ثم خفف إلى لتر واحد بالماء. تم الخزن في زجاجة من البولي إيثيلين. ويكون الكاشف مستقر لمدة شهر واحد على الأقل.

طريقة العمل

نقل حجم مناسب (لا يزيد عن 75 مل) من العينة المفلترة إلى دورق حجمي سعة 100 مل ، ثم تم إضافة 10 مل من كاشف موليبيدات-فانادات و خفف بالماء المقطر الى 100 مل وخلط جيداً. ضبطت درجة حرارة القوارير في حدود 1 درجة مئوية وتركت لتستقر لمدة 20 دقيقة، وتم قياس الكثافة الضوئية في مقياس الطيف الضوئي (T80 UV\VIS Spectrometer PG Instruments Ltd) مع ضبط الطول الموجي عند 420 نانومتر.

8-2-2 فحوصات الاحياء المجهرية Microbiology Examinations

1-8-2-2 تحضير الأوساط الزرعية Preparation of the Culture Media

تم تحضير وسط Coliform agar حسب تعليمات الشركة المصنعة Himedia.

2-8-2-2 العد الكلي للبكتريا القولونية Total Count of Coliform Bacteria

تم خلط جميع العينات جيداً وتم نقل 1 مل من عينة مياه الصرف إلى 9 مل من محلول ملحي عادي ومنه تم تحضير خمسة تخفيفات متسلسلة (10^{-2} و 10^{-3} و 10^{-4} و 10^{-5}). تم نشر 10 ميكرو لتر من التخفيفات على اكار بواسطة مفرشة معقمة وتم تحضين الاطباق رأساً على عقب في 37 درجة مئوية لمدة 24 ساعة. تم إجراء ثلاث مكررات لكل عينة لزيادة الدقة ويتم اختيار الطبق الذي يحتوي على (30-

300) مستعمرة فقط للعد (Goldman and Green, 2008). يتم حساب العدد الدقيق للمستعمرات لكل

عينة أصلية وفقاً للمعادلة التالية:

$$\text{العدد الكلي.مل}^{-1} = \text{عدد المستعمرات} \times \text{مقلوب التخفيف} \times 100$$

3-8-2-2 عزل وتشخيص البكتيريا القولونية في مياه الصرف الصحي

Isolation and Identification of Coliform Bacteria in Wastewater

تم عزل وتشخيص البكتيريا القولونية في مياه الصرف الصحي باستخدام Coliform Agar.

9-2-2 قياسات النبات Measurements of the Plant

1-9-2-2 الصفات المظهرية Phenotypic Traits

1- ارتفاع النبات (سم) Plant Height

تم قياس ارتفاع ثلاث نباتات لكل وحدة تجريبية باستخدام شريط القياس من مستوى سطح التربة الى

اعلى قمة في النبات ، وتم احتساب المتوسط الحسابي لها .

2- عدد اوراق النبات Number of Plant Leaves

تم اخذ ثلاث نباتات عشوائية من كل وحد تجريبية وحسبت عدد الاوراق لكل نبات ، وتم حساب

المتوسط الحسابي لها.

3- عدد خلفات النبات Number of Daughter Plants

تم حساب عدد النموات الجديدة (الخلفات) في كل وحدة تجريبية وتم استخراج الوسط الحسابي وذلك

بتقسيمها على 3، وذلك كون النباتات المزروعة في بداية التجربة كانت 3 فقط.

4- محتوى الاوراق من صبغة الكلوروفيل Leaves Content of Chlorophyll Pigment

تم قياس ثلاث قراءات لكل نبات في الوحدة التجريبية باستخدام جهاز (Chloro (spad 550)) ثم تم استخراج المتوسط الحسابي لها .

2-9-2-2 تقدير فعالية انزيمات النبات**Determination the plant's enzymes activity****1- تقدير فعالية انزيم البيروكسيداز POD للنبات****Determination the plant's peroxidase enzyme (POD) activity**

تم تقدير فعالية انزيم POD حسب الطريقة الموصوفة من قبل (Nezih,1985)، باستخدام جهاز المطياف الضوئي موديل (T80 UV\VIS Spectrometer PG Instruments Ltd).

المحاليل المستخدمة

A. محلول Guaicaol: حضر بخلط 1,36 مل من الكوايكل في دورق حجمي ثم اكمل الحجم الى 250 مل باستعمال الماء المقطر .

B. محلول بيروكسيد الهيدروجين بتركيز 0,1%: حضر بأخذ حجم 0.4 مل من بيروكسيد الهيدروجين تركيز 30% واكمل الى 120 مل ماء مقطر .

طريقة العمل

تم اخذ 1 مل من العينة واطيف لها 1 مل من H_2O_2 بتركيز 0,1% 1 مل من محلول Guaicaol
ثم تم قياس شدة الامتصاص الضوئي في جهاز المطياف الضوئي على طول موجي 240 نانومتر وتمت
متابعة التغيير في شدة الامتصاص الضوئي كل 30 ثانية لمدة ثلاث دقائق، وتم تحضير Blank
بالطريقة نفسها لكن دون اضافة العينة.

تم حساب فعالية الانزيم POD من خلال المعادلة التالية :

$$\text{فعالية انزيم POD} = \frac{\frac{\text{الجهاز } \Delta \text{ قراءة}}{\Delta \text{ الزمن}}}{0.1 \times 0.1} \text{ وحدة.مل}^{-1}$$

اذ ان 0.1 = حجم العينة،

0.01 = الوحدة الواحدة من الانزيم التي تسبب زيادة امتصاص الضوء مقدارها 0.01 وحدة في الدقيقة الواحدة

عند طول موجي 420 نانومتر

10-2-2 التحليل الإحصائي

تم استخدام برنامج GenStat لتحليل البيانات وقورنت البيانات عند اقل فرق معنوي ($P.value \leq 0.05$)

وتم تحليل اختبار التباين ANOVA و حساب قيمة الارتباط الخطي البسيط بين المتغيرات.

الفصل الثالث

Chapter Three

النتائج

Results

1-3 الفضة النانوية (AgNPs) Silver Nanoparticles

1-1-3 التصنيع الحيوي لجسيمات الفضة النانوية

Biosynthesis of Silver nanoparticles (AgNPs)

بينت النتائج تغير لون الخليط من عديم اللون إلى اللون البني والذي هو مرتبط بإنتاج الـ AgNPs الحيوي وكانت هذه النتائج متفقة مع (Adhikari *et al* 2022; Nasri *et al.*, 2022) والذين أكدوا اختزال Ag^+ إلى Ag^0 كما توضح صورة (2). يرجع تكوين تغير اللون إلى إثارة رنين البلازمون السطحي (Surface plasmon resonance) في جسيمات النانو المعدنية وتشكيل الـ AgNPs (Al-Zubaidi *et al.*, 2022; Almudhafar and Al-Hamdani, 2022).

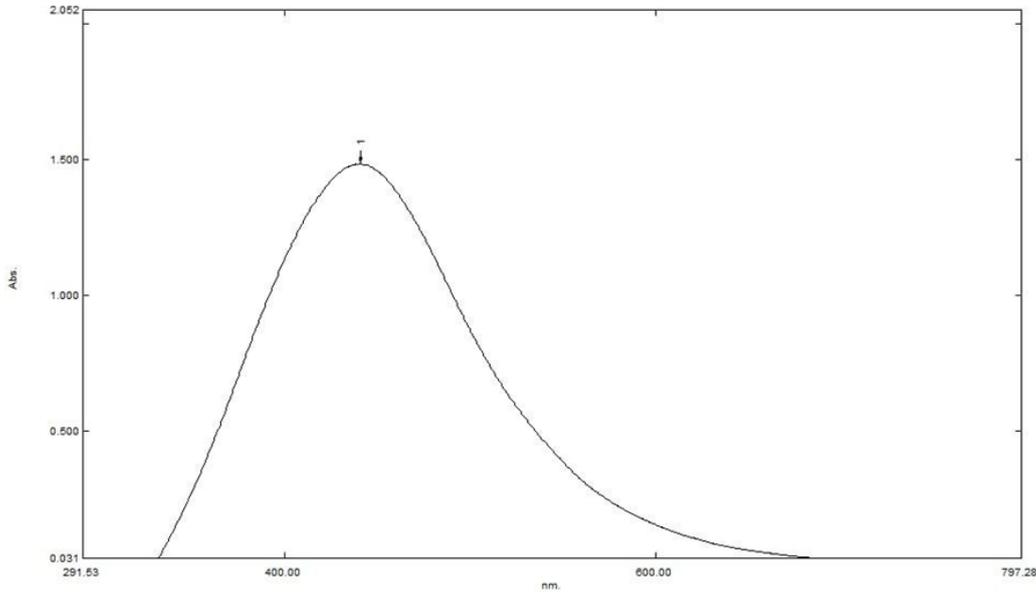


صورة 3: توضح التغير في اللون بعد إضافة مستخلص بذور الريحان المائي إلى $AgNO_3$

2-1-3 توصيف جسيمات الفضة النانوية AgNPs Nanoparticles (AgNPs)

1- التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية المرئية UV-Visible

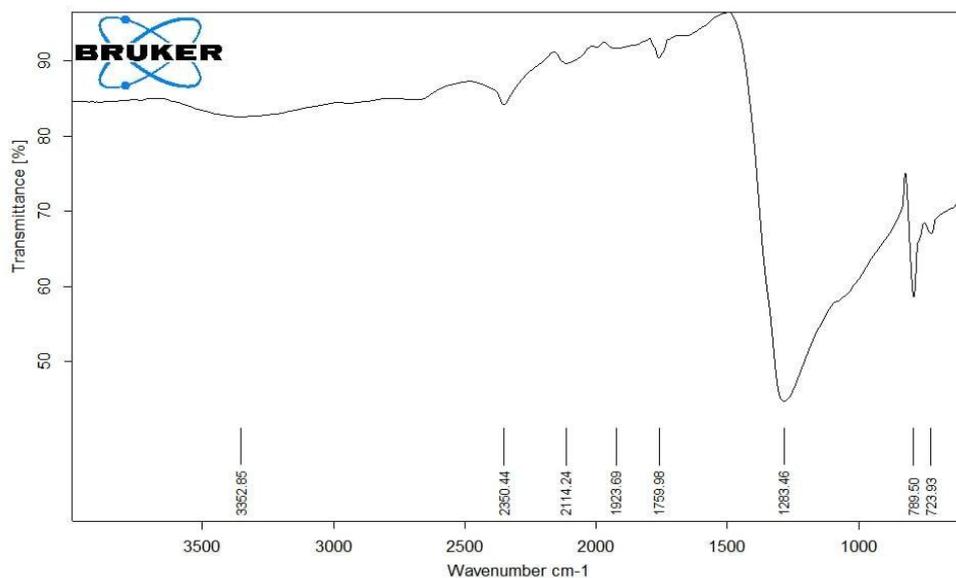
تم تأكيد التصنيع الحيوي للجسيمات النانوية الفضية AgNPs باستخدام بذور الريحان *Ocimum basilicum* كما هو موضح في طرق العمل بواسطة التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية المرئية عن طريق مسح AgNPs بأطوال موجية تتراوح من 400 إلى 800 نانومتر وأظهرت الجسيمات النانوية الفضية المصنعة ذروتها عند 420 نانومتر، كما يتضح في (الشكل 1)



شكل 1 : التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية المرئية UV-Visible لجسيمات الفضة النانوية المصنعة حيويًا

2- مطياف فورييه للأشعة تحت الحمراء FTIR

تكشف أطياف FTIR لمستخلص AgNPs المركب حيويًا من بذور الريحان *basil seed* كما هو موضح في (الشكل 2) عن وجود 7 قمم مختلفة متميزة في 3352,85 سم⁻¹ و 2350 سم⁻¹ و 2114 سم⁻¹ و 1923,24 سم⁻¹ و 1283,69 سم⁻¹ و 789,50 سم⁻¹ و 723,93 سم⁻¹ لوجود العديد من الجزيئات الحيوية الوظيفية.



شكل 2: تحليل مطياف فورييه للأشعة تحت الحمراء FTIR لجسيمات الفضة النانوية في مستخلص بذور الريحان

اذ تشير الذروة عند 3352,85 سم⁻¹ الى مجموعة (N-H) الى الامينات الثانوية ، بينما تشير الذروة 2350 سم⁻¹ الى مجموعة (O=H) الى الحوامض الكربوكسيلية، وتشير الذروة 2114 سم⁻¹ الى الاكينات الطرفية والاستيلين (C≡C)، واما الذروة 1923,24 سم⁻¹ تشير الى مجموعة ايزوثيوسيانات (N=C=S)، وتشير الذروة 1283,69 سم⁻¹ الى مجموعة (C-O) الى الاثيرات العطرية والاسترات، والذروة 789,50 سم⁻¹ تشير الى مجموعة (C-H) حلقات عطرية من بنزين أحادي الاستبدال، و تشير الذروة 723,93 سم⁻¹ الى الاكينات (C=C) كما في الجدول (3)

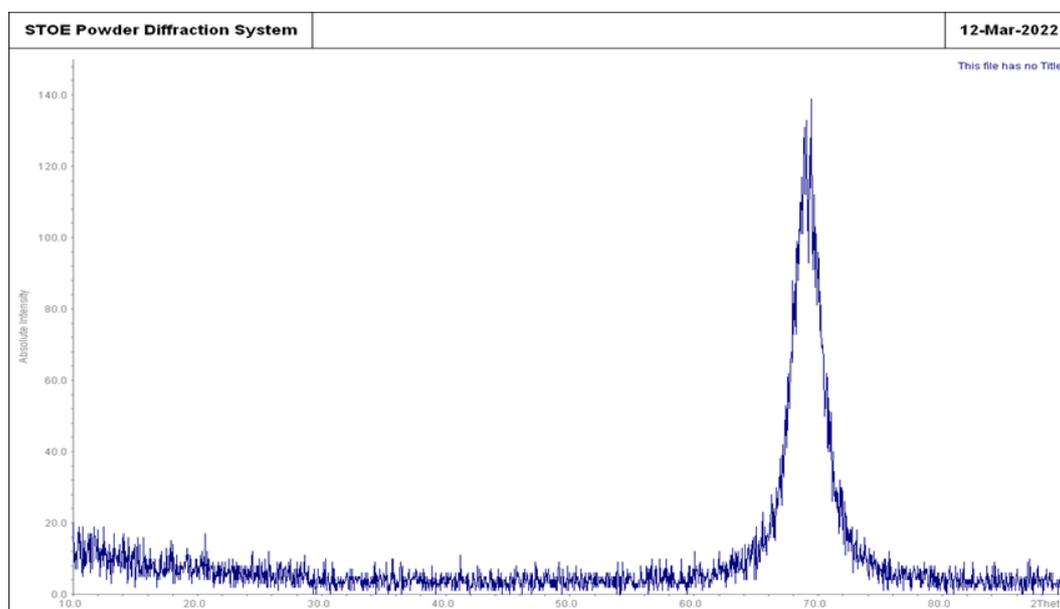
جدول 3: المجاميع الفعالة في مستخلص بذور الريحان بواسطة FT-IR

المادة الفعالة	المجموعة	الذروة
الامينات الثانوية	(N-H)	$3352,85 \text{ سم}^{-1}$
الحوامض الكربوكسيلية	(O=H)	2350 سم^{-1}
الالكينات الطرفية والاسيتلين	(C≡C)	2114 سم^{-1}
ايزوثيوسيانات	(N=C=S)	$1923,24 \text{ سم}^{-1}$
الاثيرات العطرية	(C-O)	$1283,69 \text{ سم}^{-1}$
حلقات عطرية من بنزين أحادي الاستبدال	(C-H)	$789,50 \text{ سم}^{-1}$
الالكينات	(C=C)	$723,93 \text{ سم}^{-1}$

3- حيود الأشعة السينية XRD

عند استخدام تقنية حيود الأشعة السينية XRD لتشخيص حالة التبلور لجسيمات الفضة النانوية

وقياس حجم الحبيبات من خلال تحديد قمم حيود الأشعة السينية و كما موضح في الشكل (3).



شكل 3: فحص حيود الأشعة السينية XRD لجسيمات الفضة النانوية في مستخلص بذور الريحان

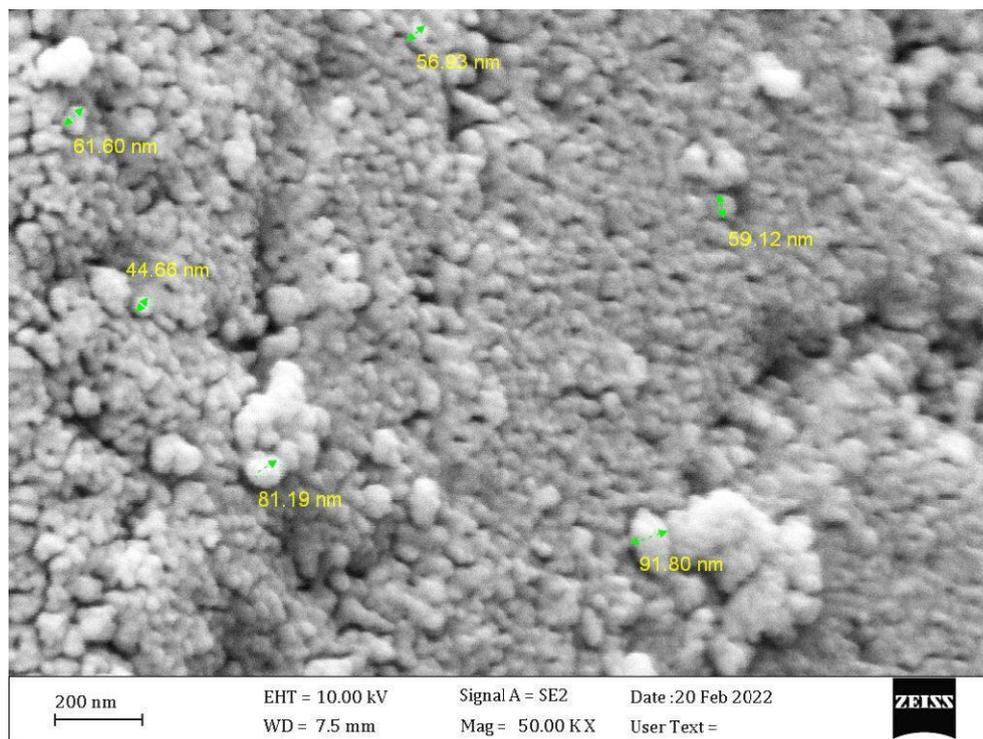
اظهرت النتائج ان النظام هو بلوري مكعب مع زوايا الحيود 25,691 و 35,672 و 64,667 و 68,944 و 69,453 و 80,562 و قورنت قمم الحيود بالبيانات القياسية (01-087-0781) و قدر الحجم البلوري تبعا لمعادلة شرر 33,733 نانومتر جدول (4)

جدول 4: بعض قياسات فحص حيود الاشعة السينية XRD لجسيمات الفضة النانوية في مستخلص بذور الريحان

رمز البطاقة	النظام البلوري	النظام	المسافة بين المستويات	الحجم البلوري (nm)	عرض نصف حزمة الموجة	زوايا الحيود 2θ
			3,113	10,5	0,787	25,691
			2,524	44,2	0,197	35,672
			1,441	20,3	0,472	64,667
01-087-0781	من نوع المكعب	بلوري	1,362	31,4	0,315	68,944
			1,357	51,1	0,179	69,453
			1,129	44,9	0,240	80,562
				المعدل=33,733		

4- المجهر الإلكتروني الماسح SEM

تبين من نتائج المجهر الضوئي الماسح SEM لجسيمات الفضة النانوية شكل (4) التي تم تصنيعها من بذور الريحان *basil seed* ان جسيمات الفضة النانوية AgNPs عند 200 نانومتر كان حجمها يتراوح من (44,66 نانومتر) الى (91,80 نانومتر) وعند 10 مايكرومتر كانت احجامها بين 20-30 مايكرومتر كذلك يظهر بوضوح ان شكل الجسيمات مكعب وعدم وجود تكتلات في الجسيمات الفضية النانوية . وكذلك تبين نتائج المجهر الالكتروني الماسح SEM ان الدقائق المتكونة هي من الحجم نانوية.



شكل 4: فحص المجهر الالكتروني الماسح SEM لجسيمات الفضة النانوية

2-3 الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي Physical and

Chemical Tests for Wastewater

1-2-3 الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي المضاف لها تراكيز AgNPs

1- الأس الهيدروجيني pH

تراوحت الاس الهيدروجيني في الاسبوع الاول بين اقل قيمة مسجلة لها 6,96 عند تركيز الفضة

النانوية 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمة لها 7.2 عند تركيز الفضة النانوية (0 و 10)

مايكروغرام.لتر⁻¹. أظهرت النتائج الاحصائية عدم وجود فروق معنوية ($p > 0.05$).

اما في الاسبوع الثاني كانت اقل قيمة لها 7,033 عند تركيز الفضة النانوية 0 مايكروغرام.لتر⁻¹

¹ واعلى قيمة لها 7,1 عند تركيز الفضة النانوية (0 و 0.1) مايكروغرام.لتر⁻¹. وظهرت النتائج

الاحصائية عدم وجود فروقات معنوية ($p > 0.05$).

و في الاسبوع الثالث كانت اقل قيمة لها 7,167 والتي سجلت عند تركيز 5 مايكروغرام.لتر⁻¹

من الفضة النانوية واعلى قيمة لها 7,400 سجلت عند تركيز الفضة النانوية 10 مايكروغرام.لتر⁻¹.

وأظهرت النتائج الاحصائية عدم وجود فروق معنوية ($p > 0.05$). وأظهرت ايضا وجود ارتباط موجب

قوي بين الـ pH و NO_3 ($r=0.96$).

واخيرا في الاسبوع الرابع كانت اقل قيمة مسجلة لها 7 عند تركيز الفضة النانوية 5

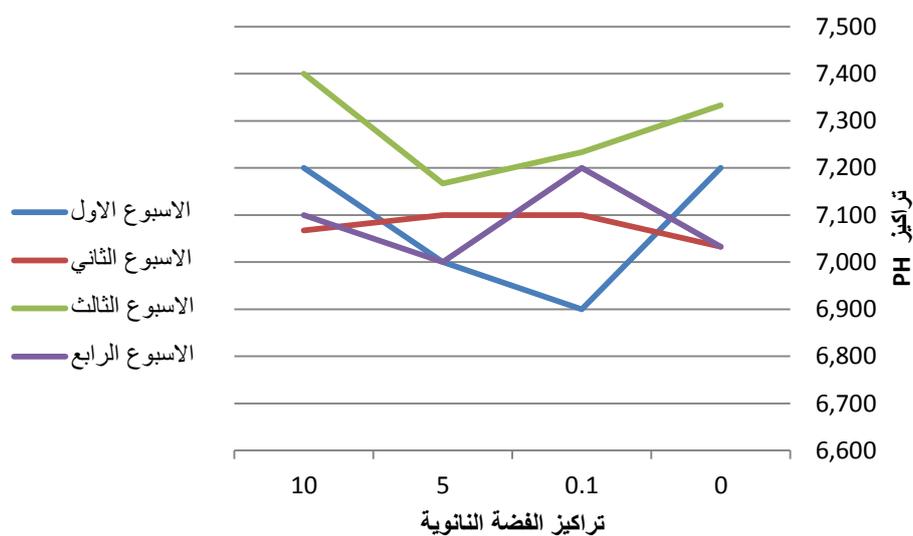
مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمة لها 7,3 عند تركيز الفضة النانوية 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹. وظهرت

النتائج الاحصائية وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية خلال الاسبوع الرابع.

كذلك وجد ارتباط معنوي قوي جدا بين الـ pH و DO ($r=0.99$) وكما موضح في الجدول 5 والشكل 5

جدول (5) تركيز الاس الهيدروجيني لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs

L.S.D	تراكيز الفضة النانوية (مايكروغرام.لتر-1)				الاسبوع
	10	5	0.1	0	
0,0089	7,2 ±0.9	7,0 ±0.95	6,9 ±0.321	7,2 ±1	الاول
0,0043	7,067 ±1.007	7,100 ±0.9	7,100 ±1.054	7,033 ±0.950	الثاني
0,0104	7,400 ±0.755	7,167 ±0.902	7,233 ±1.05	7,333 ±0.493	الثالث
0,0046	7,100 ±0.954	7,000 ±0.5	7,200 ±0.745	7,033 ±1.05	الرابع



شكل 5: تركيز الاس الهيدروجيني لمياه الصرف الصحي في انظمة الاراضي الرطبة المشيدة التي تتعرض لتراكيز مختلفة

من AgNPs

2- التوصيلية الكهربائية EC

تراوحت قيم التوصيلية الكهربائية في الاسبوع الاول بين اقل قيمة لها 5,66 مايكروسمنز.سم⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمة لها هي 6,68 مايكروسمنز.سم⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 5 مايكروغرام.لتر⁻¹. أظهرت النتائج الاحصائية عدم وجود فروقات معنوية ($p>0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية خلال الاسبوع الاول .

تراوحت قيم التوصيلية الكهربائية في الاسبوع الثاني بين اقل قيمة هي 6,28 مايكروسمنز.سم⁻¹ مسجلة عند تركيز الفضة النانوية 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمة لها هي 6.96 مايكروسمنز.سم⁻¹ مسجلة عند تركيز الفضة النانوية 5 مايكروغرام.لتر⁻¹. واطهرت النتائج الاحصائية عدم وجود فروقات معنوية ($p>0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية خلال الاسبوع الثاني .

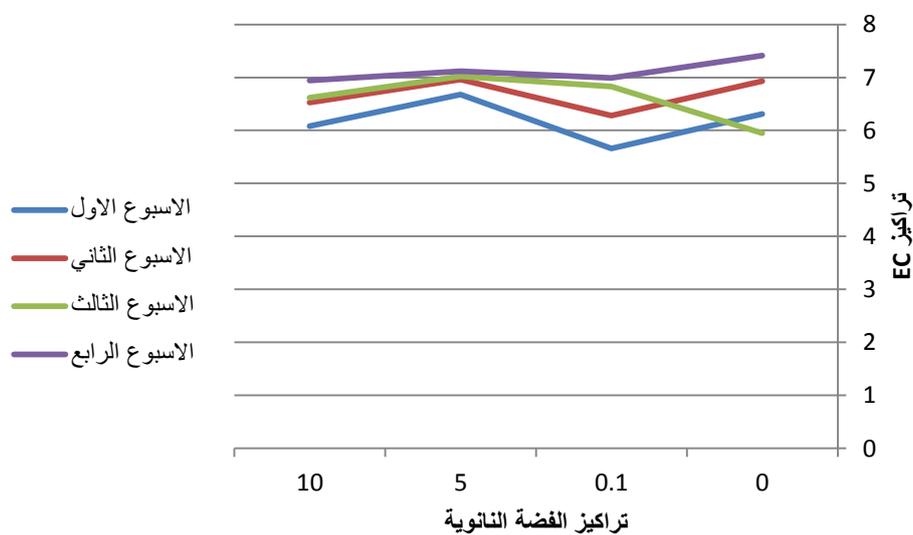
تراوحت قيم التوصيلية الكهربائية في الاسبوع الثالث بين اقل قيمة 5,95 مايكروسمنز.سم⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمة لها 7,02 مايكروسمنز.سم⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 5 مايكروغرام.لتر⁻¹. أظهرت النتائج الاحصائية عدم وجود فرق معنوي ($p>0.05$) بين تراكيز جسيمات الفضة النانوية خلال الاسبوع الثالث .

تراوحت قيم التوصيلية الكهربائية في الاسبوع الرابع بين اقل قيمة 6,94 مايكروسمنز.سم⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمة لها 7,41 مايكروسمنز.سم⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 0 مايكروغرام.لتر⁻¹. أظهرت النتائج الاحصائية عدم وجود فروق معنوية ($p>0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية خلال الاسبوع الرابع. وأيضاً وضح الجدول 26 وجود ارتباط معنوي قوي موجب بين EC و NH_3 ($r=0.94$) و NO_3 ($r=0.97$) وسالب مع BOD_5 ($r=-0.91$) . كما في

الجدول 6 والشكل 6

جدول (6) تركيز التوصيلية الكهربائية لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs

L.S.D	تراكيز الفضة النانوية (مايكروغرام.لتر-1)				الاسبوع
	10	5	0.1	0	
0,026	6,08 ±1.316	6,68 ± 1.129	5,66 ±1.71	6,31 ±1.247	الاول
0,021	6,53 ±3.32	6,96 ±1.204	6,28 ±0.595	6,93 ± 1.005	الثاني
0,048	6,62 ±1.408	7,02 ±0.610	6,83 ±1.164	5,95 ±1.814	الثالث
0,020	6,94 ±0.551	7,12 ±1.151	6,99 ±1.195	7,41 ±0.96	الرابع



شكل 6: قيم التوصيلية الكهربائية لمياه الصرف الصحي المعرضة الى AgNPs في الاراضي الرطبة المشيدة

3- الأوكسجين المذاب DO

تراوحت تراكيز الأوكسجين في الاسبوع الاول بين اقل قيمة في الاسبوع الاول بين اقل قيمة 3,31 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ وأعلى قيمة 4,47 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 0 مايكروغرام.لتر⁻¹. وأظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p>0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية خلال الاسبوع الاول.

اما الاسبوع الثاني كانت اقل قيمة مسجلة 2,89 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ وأعلى قيمة 4.63 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq 0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية خلال الاسبوع الثاني .

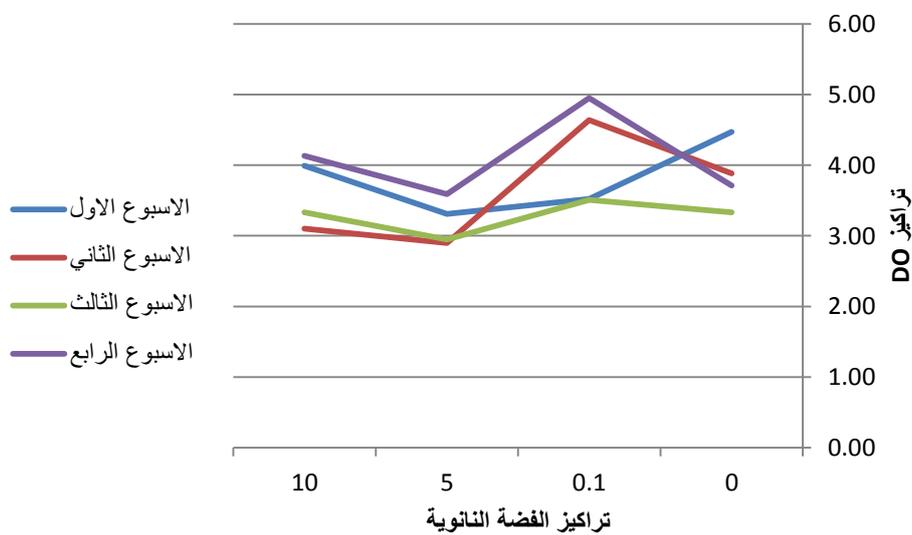
و الاسبوع الثالث كانت اقل قيمة مسجلة لها 2,94 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ وأعلى قيمة مسجلة لها 3,51 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq 0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية خلال الاسبوع الثالث . وكذلك وجود ارتباط موجب قوي بين الـ DO والـ PO_4 ($r=0.96$) كما موضح بالجدول 25.

تراوحت تراكيز الأوكسجين في الاسبوع الرابع بين اقل قيمة 3,59 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ وأعلى قيمة 3,95 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq 0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية.

وكما موضح في الجدول 7 والشكل 7

جدول (7) تركيز الاوكسجين المذاب لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs

L.S.D	تراكيز الفضة النانوية (مايكروغرام.لتر-1)				الاسبوع
	10	5	0.1	0	
0,020	3,99 ±0.616	3,31 ±2.17	3,52 ±0.905	4,47 ±1.918	الاول
0,0170	3,10 ±0.439	2,89 ±1.032	4,63 ±0.924	3,88 ±1.017	الثاني
0,000067	3,33 ±0.920	2,94 ±1.718	3,51 ±2.99	3,33 ±2.056	الثالث
0,027	4,13 ±0.725	3,59 ±1.151	4,95 ±0.549	3,71 ±0.958	الرابع



شكل 7: تركيز الاوكسجين المذاب DO لمياه الصرف الصحي في انظمة الاراضي الرطبة المشبعة التي تتعرض لتراكيز مختلفة من

AgNPs

4- المتطلب الحيوي للأوكسجين BOD_5

تراوحت قيم الـ BOD_5 في الاسبوع الاول بين اقل قيمة مسجلة 0,203 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 0.1 مايكروغرام.لتر⁻¹ بينما كانت اعلى قيمة مسجلة 2,310 مايكروغرام.لتر⁻¹ عند التركيز 0 مايكروغرام.لتر⁻¹. وأوضحت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p>0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية

و في الاسبوع الثاني كانت اقل قيمة 0.667 ملغرام.لتر⁻¹ مسجلة عند تركيز الفضة النانوية 0.1 مايكروغرام.لتر⁻¹ بينما كانت اعلى قيمة هي 1.383 عند التركيز 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ ملغرام.لتر⁻¹. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq 0.05$).

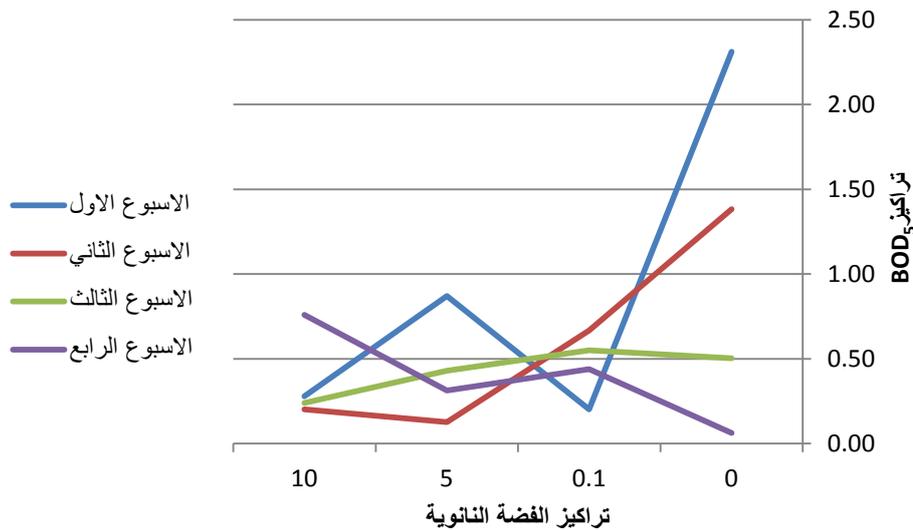
و تراوحت قيم الـ BOD_5 في الاسبوع الثالث بين اقل قيمة 0.24 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ بينما كانت اعلى قيمة عند التركيز 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹ حيث بلغت 0,55 ملغرام.لتر⁻¹، كما مبين بالجدول 7 والشكل 27. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq 0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية خلال الاسبوع الثالث. ويوجد ارتباط موجب قوي بين الـ BOD_5 و P ($r=0.91$) كما مبين بالجدول 25.

اما في الاسبوع الرابع بين اقل قيمة 0,063 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ بينما كانت اعلى قيمة عند التركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ حيث بلغت 0,76 ملغرام.لتر⁻¹. واوضحت نتائج التحليل الاحصائي عن وجود فرق معنوي ($p\leq 0.05$) بين تراكيز جسيمات الفضة النانوية خلال الاسبوع الرابع .

وكما موضح في الجدول 8 والشكل 8

جدول (8) تركيز المتطلب الحيوي للاوكسجين لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs

L.S.D	تراكيز الفضة النانوية (مايكروغرام.لتر-1)				الاسبوع
	10	5	0.1	0	
0,0127	0,280 ±0.106	0,870 ±0.404	0,203 ± 0.02	2,310 ±1.854	الاول
0,0129	0,203 ±0.05	0,127 ±0.96	0,667 ±0.9	1,383 ±0.96	الثاني
0,00067	0,2400 ±0.896	0,4300 ±0.981	0,5500 ±0.975	0,5033 ±1.015	الثالث
0,0082	0,760 ±0.145	0,313 ±0.117	0,440 ±0.161	0,063 ± 1.015	الرابع



شكل 8: تركيز المتطلب الحيوي للاوكسجين لمياه الصرف الصحي التي تتعرض لتراكيز مختلفة من AgNPs في انظمة الاراضي

الرطوبة المشبعة

5- الامونيا NH_3

ان قيم الأمونيا في الاسبوع الاول قد تراوحت بين اقل قيمة مسجلة والتي هي 84,45 مايكروغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹ وأعلى قيمه مسجلة والتي هي 481,70 مايكروغرام.لتر⁻¹ عند التركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p>0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية.

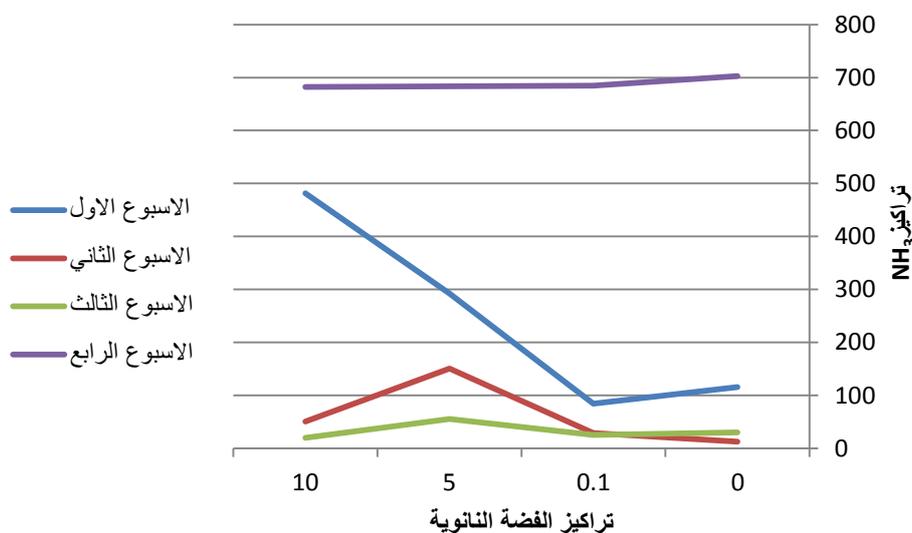
و قد تراوحت في الاسبوع الثاني بين اقل قيمة 12,7 مايكروغرام.لتر⁻¹ والتي تم تسجيلها عند تركيز الفضة النانوية 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمة هي 150.6 مايكروغرام.لتر⁻¹ والتي تم تسجيلها عند التركيز 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq 0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية

وكانت في الاسبوع الثالث بين اقل قيمة مسجلة لها 20,42 مايكروغرام.لتر⁻¹ وكانت مسجلة عند تركيز الفضة النانوية 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمة مسجلة لها 55,88 مايكروغرام.لتر⁻¹ عند التركيز 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq 0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية للاسبوع الثالث من التجربة. وأيضاً أظهرت النتائج ان هنالك ارتباط سالب قوي جدا بين NH_3 و PO_4 ($r=-0.97$)، كما مبين بالجدول 25.

اما الاسبوع الرابع فقد تراوحت بين اقل قيمة 682,30 مايكروغرام.لتر⁻¹ مسجلة عند تركيز الفضة النانوية 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمه 702,79 مايكروغرام.لتر⁻¹ عند 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية. وأظهرت نتائج التحليل الاحصائي ان هناك فروقات معنوية ($p\leq 0.05$) للامونيا بين تراكيز الفضة النانوية. كما في الجدول 9 والشكل 9

جدول (9) تركيز اللامونيا لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs

L.S.D	تراكيز الفضة النانوية (مايكروغرام.لتر-1)				الاسبوع
	10	5	0.1	0	
0,098	481,70 ±4.629	292,45 ±4.231	84,45 ±3.913	115,70 ±8.751	الاول
0,31	50,6 ±11.51	150,6 ±2.327	29,2 ±2.113	12,7 ±1.91	الثاني
0,073	20,42 ± 3.201	55,88 ±19.15	25,67 ±3.369	30,30 ±4.034	الثالث
0,061	682,30 ±0.91	683,73 ±0.822	684,64 ±1.955	702,79 ±2.366	الرابع



شكل 9: تركيز الامونيا NH₃ لمياه الصرف الصحي في انظمة الاراضي الرطبة المشيدة المعرضة الى AgNPs

6- النتريت NO₂

تراوحت قيم النتريت في الاسبوع الاول بين اقل قيمة 0,01109 ملغرام.لتر⁻¹ عند التركيز 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ للفضة النانوية وبلغت اعلى قيمة 0,01852 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹ و بينت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p>0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية للاسبوع الاول من التجربة .

وفي الاسبوع الثاني كانت اقل قيمة مسجلة والتي كانت 0,01098 ملغرام.لتر⁻¹ مسجلة عند التركيز 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ للفضة النانوية وبلغت اعلى قيمة 0,01784 ملغرام.لتر⁻¹ مسجلة عند تركيز الفضة النانوية 10 مايكروغرام.لتر⁻¹، كما مبين في الجدول 6 والشكل 19. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq 0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية خلال الاسبوع الثاني .

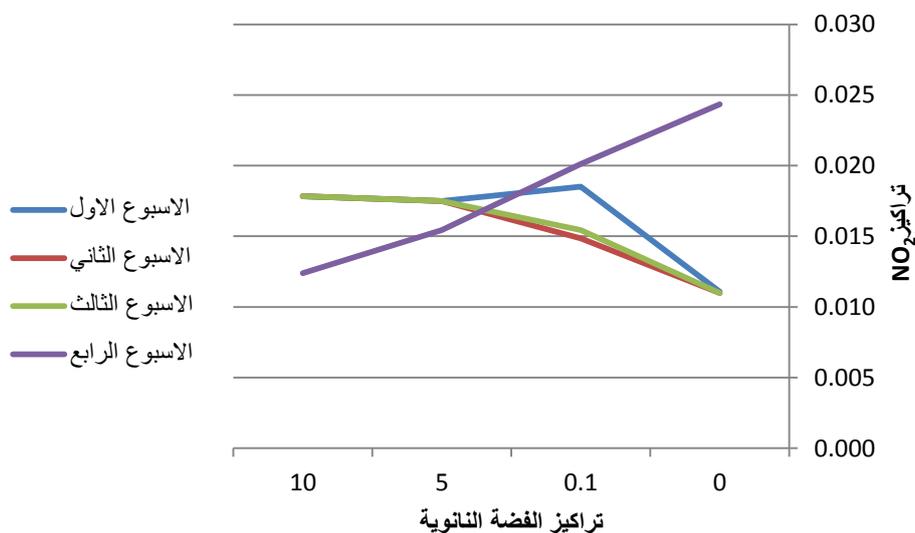
وفي الاسبوع الثالث كانت اقل قيمة 0,01098 ملغرام.لتر⁻¹ عند 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية وبلغت اعلى قيمة 0,01784 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ و أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq 0.05$).

اما في الاسبوع الرابع كانت اقل قيمة 0,01239 ملغرام.لتر⁻¹ عند التركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ للفضة النانوية وبلغت اعلى قيمة 0,02435 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فرق معنوي ($p\leq 0.05$) خلال الاسبوع الرابع بين تراكيز الفضة النانوية. ووجد ان هناك ارتباط معنوي قوي موجب بين NO₂ و P و PO₄ حيث بلغت ($r=0.98$) ($r=0.97$) ($r=0.97$) على التوالي حسب الجدول 26.

كما موضح في الجدول 10 الشكل 10

جدول (10) تركيز النتريت لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs

L.S.D	تراكيز الفضة النانوية (مايكروغرام.لتر-1)				الاسبوع
	10	5	0.1	0	
0,00021	0,01784 ± 0.0025	0,01749 ±0.002	0,01852 ±0.004	0,01109 ±0.006	الاول
0,000051	0,01784 ±0.003	0,01749 ±0.0075	0,01486 ±0.001	0.01098 ±0.002	الثاني
0,000064	0,01784 ±0.0045	0,01749 ±0.0045	0,01544 ±0.004	0.01098 ±0.005	الثالث
0,000062	0,01239 ±0.0095	0,01544 ±0.00451	0,02012 ±0.0105	0,02435 ±0.008	الرابع



شكل 10: تراكيز النتريت NO₂ في مياه الصرف الصحي المعرضة لتراكيز AgNPs في الاراضي الرطبة المشيدة

7- النترات NO3

تراوحت قيم النترات في الاسبوع الاول بين اقل قيمة مسجلة لها والتي كانت 0,81 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمة كانت 0,95 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 5 مايكروغرام.لتر⁻¹. وأظهرت

نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p>0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية للاسبوع الاول .

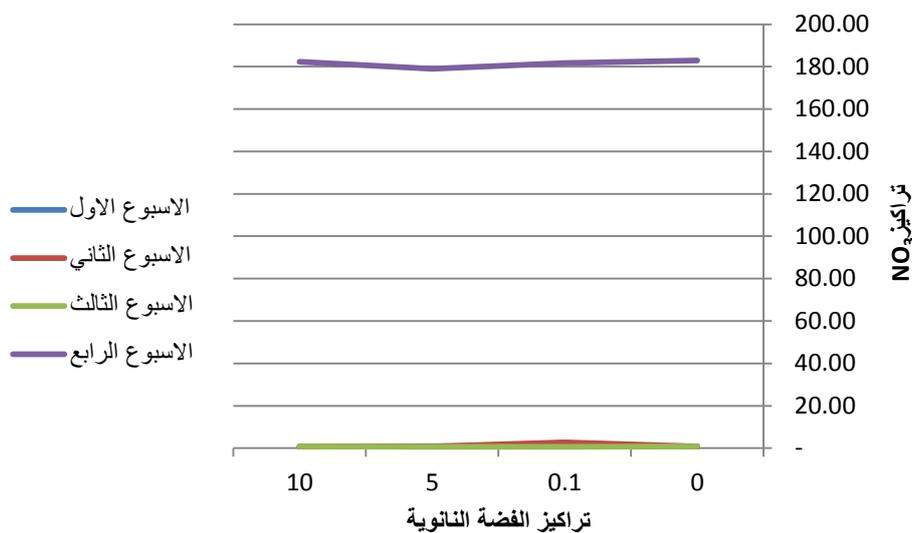
و في الاسبوع الثاني بين اقل قيمة مسجلة لها والتي كانت 0,77 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمة مسجلة كانت 2,781 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹، كما مبين في الجدول 6 والشكل 20 وأظهرت نتائج التحليل الاحصائي عدم وجود فرق معنوي ($p>0.05$) بين تراكيز جسيمات الفضة النانوية للاسبوع الثاني .

وفي الاسبوع الثالث بين اقل قيمة 0,70 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية واعلى قيمة كانت 0,80 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 0 مايكروغرام.لتر⁻¹. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq 0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية للاسبوع الثالث.

و تراوحت القيم في الاسبوع الرابع بين اقل قيمة 179.06 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية واعلى قيمة كانت 182,91 ملغرام.لتر⁻¹. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فرق معنوي ($p\leq 0.05$) . ووجد ايضا ارتباط قوي جدا بين كل من P وPO₄ حيث بلغ ($r=0.97$) ($r=0.99$) على التوالي ، كما مبين في الجدول 26. وكما في الجدول 11 والشكل 11.

جدول (11) تركيز النترات لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs

L.S.D	تراكيز الفضة النانوية (مايكروغرام.لتر-1)				الاسبوع
	10	5	0.1	0	
0,0027	0,83 ±0.088	0,95 ±0.153	0,81 ± 0.14	0,85 ±0.25	الاول
0,083	0,81 ±0.146	0,81 ±0.065	2,781 ±0.162	0,77 ±0.09	الثاني
0,00061	0,80 ±0.11	0,70 ±0.0208	0,73 ±0.096	0,80 ±0.025	الثالث
0,057	182,29 ±0.111	179,06 ±0.19	181,73 ±0.105	182,91 ±0.12	الرابع



شكل 11: تراكيز النترات NO₃ في مياه الصرف الصحي المعرضة لتراكيز AgNPs في الاراضي الرطبة المشيدة

8- الفسفور الكلي الكلي TP

تراوحت القيم في الاسبوع الاول بين اقل قيمة مسجلة 0,65 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية وبلغت اعلى قيمة 0,77 ملغرام.لتر⁻¹ عند التركيزين (0 و 5) مايكروغرام.لتر⁻¹ وأظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p>0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية للاسبوع الاول .

وفي الاسبوع الثاني بين اقل قيمة مسجلة لها والتي كانت 0.65 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ وحيث بلغت اعلى قيمة مسجلة لها 0,84 ملغرام.لتر⁻¹ عند التركيز 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq 0.05$). وكذلك وجود ارتباط موجب قوي بين الفسفور الكلي والفوسفات الفعالة ($r=0.95$) كما موضح في الجدول 24.

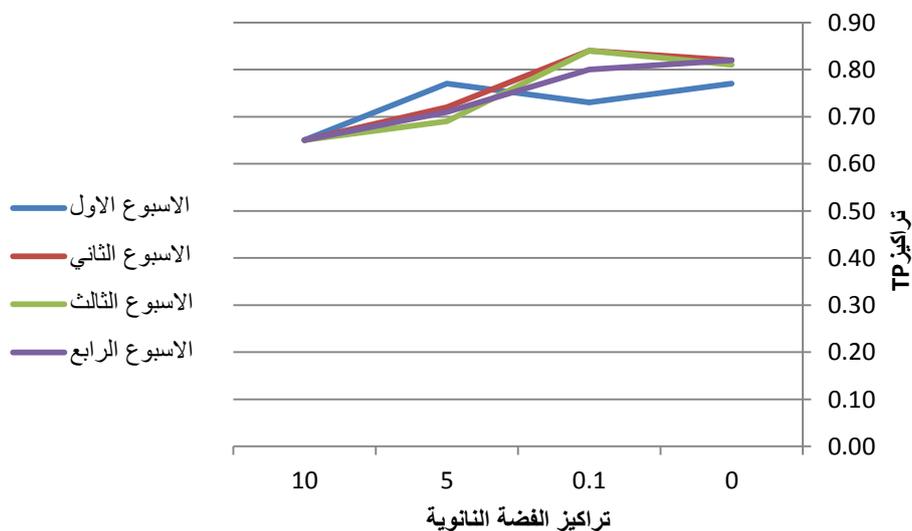
اما في الاسبوع الثالث كانت اقل قيمة 0,65 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية وحيث بلغت اعلى قيمة 0,84 ملغرام.لتر⁻¹ عند التركيز 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq 0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية.

وفي الاسبوع الرابع بلغت اقل قيمة 0,65 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية وحيث بلغت اعلى قيمة 0,82 ملغرام.لتر⁻¹ عند التركيز 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فرق معنوي ($p\leq 0.05$) . وكذلك وجود ارتباط قوي موجب بين الفسفور الكلي والفوسفات الفعالة ($r=0.96$)، كما مبين في الجدول 26.

كما في الجدول 12 والشكل 12

جدول (12) تركيز الفسفور الكلي لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs

L.S.D	تراكيز الفضة النانوية (مايكروغرام.لتر-1)				الاسبوع
	10	5	0.1	0	
0,00064	0,65 ±0.105	0,77 ±0.105	0,73 ±0.105	0,77 ±0.205	الاول
0,00037	0,65 ±0.1	0,72 ±0.09	0,84 ±0.09	0,82 ±0.095	الثاني
0,00053	0,65 ±0.11	0,69 ±0.095	0,84 ±0.255	0,81 ±0.095	الثالث
0,00060	0,65 ±0.11	0,71 ±0.09	0,80 ±0.01	0,82 ±0.295	الرابع



شكل 12: تراكيز الفسفور الكلي TP في مياه الصرف الصحي المعرضة لتراكيز AgNPs في الاراضي الرطبة المشبعة

9- الفوسفات الفعالة PO_4

تراوحت القيم في الاسبوع الاول بين اقل قيمة مسجلة لها 0,97 ملغرام.لتر⁻¹ مسجلة عند تركيز الفضة النانوية 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ وحيث بلغت اعلى قيمة مسجلة لها 2,84 ملغرام.لتر⁻¹ مسجلة عند التركيز 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية، وأظهرت نتائج التحليل الاحصائي عدم وجود فرق معنوي ($p>0.05$) بين تراكيز جسيمات الفضة النانوية.

وفي الاسبوع الثاني كانت اقل قيمة مسجلة والتي بلغت 0,643 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمة 1,470 ملغرام.لتر⁻¹ عند التركيز 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فرق معنوي ($p\leq 0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية .

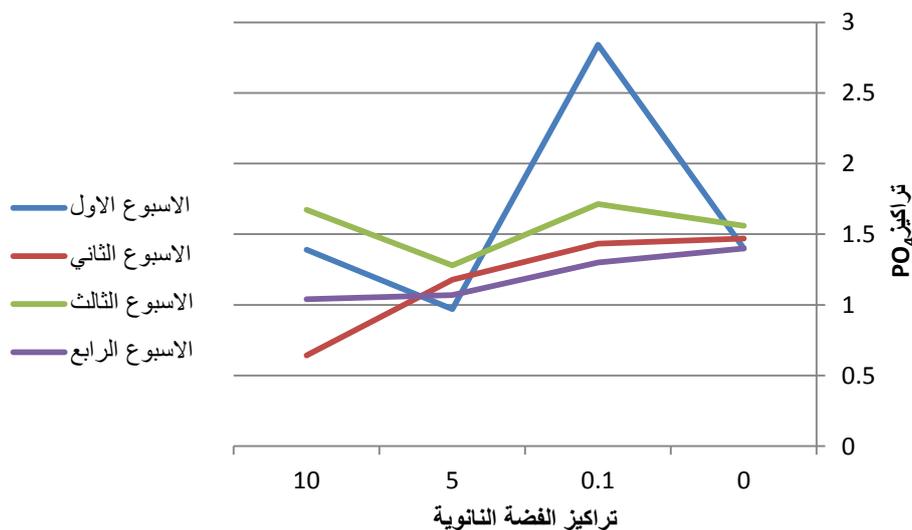
وفي الاسبوع الثالث كانت اقل قيمة 1,280 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية وبلغت اعلى قيمة 1,713 ملغرام.لتر⁻¹ عند التركيز 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq 0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية.

اما الاسبوع الرابع كانت اقل قيمة 1,04 ملغرام.لتر⁻¹ عند تركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية وبلغت اعلى قيمة 1,4 ملغرام.لتر⁻¹ عند التركيز 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية . أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فرق معنوي ($p\leq 0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية.

كما في الجدول 13 و الشكل 13

جدول (13) تركيز الفوسفات الفعالة لمياه الصرف الصحي المعرضة الى تراكيز مختلفة من AgNPs

L.S.D	تراكيز الفضة النانوية (مايكروغرام.لتر-1)				الاسبوع
	10	5	0.1	0	
0,048	1,39 ±0.924	0,97 ±0.194	2,84 ±0.788	1,40 ±0.775	الاول
0,0126	0,643 ±0.07	1,177 ±0.037	1,433 ±0.266	1,470 ±0.551	الثاني
0,0029	1,673 ± 0.04	1,280 ± 0.1	1,713 ±0.15	1,560 ±0.03	الثالث
0,0031	1,04 ±1.031	1,07 ±0.966	1,3 ±1.005	1,4 ±1.015	الرابع



شكل 13: تراكيز الفوسفات الفعالة PO₄ في مياه الصرف الصحي المعرضة لتراكيز AgNPs المختلفة في الاراضي الرطبة المشيدة

2-2-3 مقارنة نتائج تركيز العناصر في المياه الداخلة والخارجة من الوحدات التجريبية
Comparing the results of measuring the elements' concentration in the water entering and leaving the experimental units

1- الاس الهيدروجيني pH

الاسبوع الاول: كانت قيمة الـpH في المياه الداخلة اعلى من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 8 بينما المياه الخارجة فكانت (7,2 و 6,9 و 7 و 7,2) عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية على التوالي ووجد نقصان معنوي عند جميع التراكيز كما مبين في الجدول رقم 14.

الاسبوع الثاني: أظهرت النتائج ان قيمة الـpH في المياه الداخلة اعلى من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 7,5 بينما المياه الخارجة (7,03 و 7,1 و 7,1 و 7,06) عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي ووجد نقصان معنوي عند جميع التراكيز وكما مبين بالجدول رقم 14.

الاسبوع الثالث: أظهرت النتائج ان قيمة الـpH في المياه الداخلة اعلى من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 7,6 بينما المياه الخارجة (7,3 و 7,2 و 7,1 و 7,4) عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي ووجد نقصان معنوي عند جميع التراكيز، وكما مبين بالجدول رقم 14.

الاسبوع الرابع: أظهرت النتائج ان قيمة الـpH في المياه الداخلة اعلى من المياه الخارجة ولجميع التراكيز حيث بلغت في المياه الداخلة 7,4 بينما بلغت في المياه الخارجة (7 و 7,3 و 7 و 7,1) عند

التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹. وبينت النتائج الإحصائية وجود نقصان معنوي لكل التراكيز عدا التركيز 0.1 مايكروغرام.لتر-1 كان نقصان غير معنوي كما مبين بالجدول رقم 14.

جدول 14: المقارنة بين قيم الاس الهيدروجيني بين مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسبوع

الاسبوع الرابع		الاسبوع الثالث		الاسبوع الثاني		الاسبوع الاول		مستويات الفضة مايكروغرام.لتر ⁻¹
pH		pH		pH		pH		
خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	
7,0	7,4	7,3	7,6	7,03	7,5	7,2	8,00	0
0,053		0,035		0,001		0,005		P value
7,3	7,4	7,2	7,6	7,1	7,5	6,9	8,00	0,1
0,225		0,02		0,02		0,007		P value
7,0	7,4	7,1	7,6	7,1	7,5	7,0	8,00	5
0,053		0,013		0,02		0,003		P value
7,1	7,4	7,4	7,6	7,06	7,5	7,2	8,00	10
0,053		0,047		0,001		0,005		P value

2- التوصيلية الكهربائية EC

الاسبوع الاول: أظهرت النتائج ان قيمة الـEC في المياه الداخلة اقل من الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 3,78 مايكروسمنز.سم⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة (6,313 و 5,663 و 6,683 و 6,077) مايكروسمنز.سم⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية في جميع التراكيز وكما يبين جدول رقم 15.

الاسبوع الثاني: أظهرت النتائج ان قيمة الـEC في المياه الداخلة اقل من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 4,19 مايكروسمنز.سم⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (6,933 و 6,283 و 6,963 و 6,530) مايكروسمنز.سم⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية في جميع التراكيز وكما يبين جدول رقم 15.

الاسبوع الثالث: أظهرت النتائج ان قيمة الـEC في المياه الداخلة اقل من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 4 مايكروسمنز.سم⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (5,953 و 6,833 و 7,020 و 6,620) مايكروسمنز.سم⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية في جميع التراكيز عدا التركيز 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ كانت زيادة غير معنوية وكما يبين جدول رقم 15.

الاسبوع الرابع: أظهرت النتائج ان قيمة الـEC في المياه الداخلة اقل من الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 4,54 مايكروسمنز.سم⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة (7,410 و 6,990 و 7,120 و 6,940) مايكروسمنز.سم⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية في جميع التراكيز وكما يبين جدول رقم 15.

جدول 15: المقارنة بين قيم التوصيلية الكهربائية بين مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسبوع

الاسبوع الرابع		الاسبوع الثالث		الاسبوع الثاني		الاسبوع الاول		مستويات الفضة مايكروغرام.لتر ⁻¹
EC		EC		EC		EC		
مايكروسيمنز.سم ⁻¹		مايكروسيمنز.سم ⁻¹		مايكروسيمنز.سم ⁻¹		مايكروسيمنز.سم ⁻¹		
خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	
7,410	4,54	5,935	4	6,933	4,19	6,313	3,78	0
0,001		0,203		0,001		0,008		P value
6,990	4,54	6,683	4	6,283	4,19	5,663	3,78	0,1
0,002		0,003		0,026		0,01		P value
7,120	4,54	7,020	4	6,963	4,19	6,683	3,78	5
0,029		0,013		0,028		0,047		P value
6,940	4,54	6,620	4	6,530	4,19	6,077	3,78	10
0,017		0,011		0,006		0,019		P value

3- الاوكسجين المذاب DO

الاسبوع الاول: أظهرت النتائج ان قيمة الـDO في المياه الداخلة اقل من المياه الخارجة ولجميع تراكيز

الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 1,77 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة (4,467 و

و 3,520 و 3,310 و 3,987) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹

على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية في جميع التراكيز وكما مبين في جدول 16.

الاسبوع الثاني: أظهرت النتائج ان قيمة الـDO في المياه الداخلة اقل من المياه الخارجة ولجميع تراكيز

الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 1,15 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة (3,883 و

و 4,637 و 2,897 و 3,103) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹

على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية في جميع التراكيز وكما مبين في جدول 16.

الاسبوع الثالث: أظهرت النتائج ان قيمة الـ DO المياه الداخلة اقل من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 1.25 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (3,33 و 2,947 و 3,51 و 3,33) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية في جميع التراكيز وكما مبين في جدول رقم 16.

الاسبوع الرابع: أظهرت النتائج ان قيمة الـ DO المياه الداخلة اعلى من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 5,95 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (3,710 و 4,953 و 3,593 و 4,133) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود نقصان معنوي في جميع التراكيز عدا التركيز 0,1 كان النقصان غير معنوي وكما مبين في جدول رقم 16.

جدول 16: المقارنه بين قيم الاكسجين المذاب بين مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسبوع

الاسبوع الرابع		الاسبوع الثالث		الاسبوع الثاني		الاسبوع الاول		مستويات الفضة مايكروغرام.لتر ⁻¹
DO ملغرام.لتر ⁻¹ داخل	DO ملغرام.لتر ⁻¹ خارج	DO ملغرام.لتر ⁻¹ داخل	DO ملغرام.لتر ⁻¹ خارج	DO ملغرام.لتر ⁻¹ داخل	DO ملغرام.لتر ⁻¹ خارج	DO ملغرام.لتر ⁻¹ داخل	DO ملغرام.لتر ⁻¹ خارج	
3,710	5,95	3,330	1,25	3,883	1,15	4,467	1,77	0
0,001		0,001		0,011		0,003		P value
4,953	5,95	3,510	1,25	4,637	1,15	3,520	1,77	0,1
0,088		0,001		0,001		0,002		P value
3,593	5,95	2,947	1,25	2,897	1,15	3,310	1,77	5
0,001		0,001		0,007		0,004		P value
4,133	5,95	3,330	1,25	3,103	1,15	3,987	1,77	10
0,049		0,001		0,016		0,025		P value

4- المتطلب الحيوي للاوكسجين BOD_5

الاسبوع الاول: أظهرت النتائج ان قيمة BOD_5 للمياه الداخلة اقل من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,09 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة (2,31 و 0,20 و 0,87 و 0,28) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية في التركيزين الاول والثاني وزيادة غير معنوية في التركيزين الثالث والرابع وكما مبين في جدول رقم 17.

الاسبوع الثاني: أظهرت النتائج ان قيمة BOD_5 للمياه الداخلة اقل من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,05 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (1,83 و 0,66 و 0,12 و 0,02) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية في التركيز الاول والثاني وزيادة غير معنوية في التركيز الثالث والرابع وكما مبين في جدول رقم 17.

الاسبوع الثالث: أظهرت النتائج ان قيمة BOD_5 للمياه الداخلة اقل من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,09 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة (0,5 و 0,55 و 0,43 و 0,24) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية في جميع التراكيز وكما مبين في جدول 17.

الاسبوع الرابع: أظهرت النتائج ان قيمة BOD_5 للمياه الداخلة اقل من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,15 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (0,3 و 0,44 و 0,31 و 0,67) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹

على التوالي. وبينت النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية في جميع التراكيز عدا التركيز 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹ كانت زيادة غير معنوية وكما مبين في جدول رقم 17.

جدول 17: المقارنه بين قيم المتطلب الحيوي للاكسجين بين مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع

الاسابيع

الاسبوع الرابع		الاسبوع الثالث		الاسبوع الثاني		الاسبوع الاول		مستويات الفضة مايكروغرام.لتر ⁻¹
BOD ₅ ملغرام.لتر ⁻¹								
داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	
0,3	0,15	0,50	0,09	1,38	0,05	2,31	0,09	0
0,025		0,002		0,043		0,004		P value
0,44	0,15	0,55	0,09	0,66	0,05	0,20	0,09	0,1
0,089		0,004		0,057		0,011		P value
0,31	0,15	0,43	0,09	0,12	0,05	0,87	0,09	5
0,01		0,028		0,073		0,079		P value
0,67	0,15	0,24	0,09	0,20	0,05	0,28	0,09	10
0,002		0,023		0,065		0,09		P value

5- الامونيا NH₃

الاسبوع الاول: أظهرت النتائج ان قيمة الـ NH₃ للمياه الداخلة اعلى من الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 902,73 مايكروغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة (115,7 و 84,45 و 292,4 و 481,7) مايكروغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي. وتبين إحصائياً وجود نقصان معنوي في جميع التراكيز وكما مبين في جدول 18.

الاسبوع الثاني: أظهرت النتائج ان قيمة الـ NH₃ للمياه الداخلة اعلى من المياه ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 366,36 مايكروغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة (12,37

و 29,21 و 150,61 و 50,61 مايكروغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي. وتبين إحصائياً وجود نقصان معنوي في جميع التراكيز وكما مبين في جدول رقم 18.

الاسبوع الثالث: أظهرت النتائج ان قيمة الـ NH_3 للمياه الداخلة اعلى من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 1140 مايكروغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (30,3 و 25,67 و 55,88 و 20,42) مايكروغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي. وتبين إحصائياً وجود نقصان معنوي في جميع التراكيز وكما مبين في جدول رقم 18.

الاسبوع الرابع: أظهرت النتائج ان قيمة الـ NH_3 للمياه الداخلة اعلى من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 1006.36 مايكروغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (6,72 و 4,85 و 4,48 و 7,27) مايكروغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي. وتبين إحصائياً وجود نقصان معنوي في جميع التراكيز وكما مبين في جدول رقم 18.

جدول 18: المقارنة بين قيم الامونيا بين مياه الصرف الصحي الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسبوع

الاسبوع الرابع		الاسبوع الثالث		الاسبوع الثاني		الاسبوع الاول		مستويات الفضة
NH ₃		NH ₃		NH ₃		NH ₃		مايكروغرام.لتر ⁻¹
مايكروغرام.لتر ⁻¹								
داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	
6,72	1006,36	30,30	1140,0	12,73	366,36	115,70	902,73	0
0,001		0,001		0,001		0,001		P value
96,33		97,34		96,52		87,18		نسبة الازالة %
4,85	1006,36	25,67	1140,0	29,21	366,36	84,45	902,73	0,1
0,001		0,001		0,001		0,001		P value
99,51		97,74		92,02		90,64		نسبة الازالة %
4,48	1006,36	55,88	1140,0	150,61	366,36	292,45	902,73	5
0,001		0,001		0,001		0,001		P value
99,55		95,09		58,89		67,6		نسبة الازالة %
7,27	1006,36	20,42	1140,0	50,61	366,36	481,70	902,73	10
0,001		0,001		0,001		0,001		P value
99,27		98,2		86,18		46,36		نسبة الازالة %

6- النتريت NO₂

الاسبوع الاول: أظهرت النتائج ان قيمة NO₂ للمياه الداخلة اقل من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,0038 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (0,011 و 0,019 و 0,017 و 0,018) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وتبين إحصائياً وجود زيادة معنوية في جميع التراكيز وكما مبين في جدول رقم 19.

الاسبوع الثاني: أظهرت النتائج ان قيمة الـ NO_2 للمياه الداخلة اقل من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,0096 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (0,011 و 0,015 و 0,017 و 0,018) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وتبين إحصائياً وجود زيادة معنوية في جميع التراكيز المدروسة عدا التركيز 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ كانت زيادة غير معنوية، وكما مبين في جدول رقم 19.

الاسبوع الثالث: أظهرت النتائج ان قيمة الـ NO_2 للمياه الداخلة اقل من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,0096 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (0,011 و 0,015 و 0,017 و 0,019) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وتبين إحصائياً وجود زيادة معنوية في جميع التراكيز المدروسة عدا التركيز 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ كانت زيادة غير معنوية، وكما مبين في جدول رقم 19.

الاسبوع الرابع: : أظهرت النتائج ان قيمة الـ NO_2 للمياه الداخلة اقل من المياه الخارجة ولجميع تراكيز الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,0401 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (0,024 و 0,02 و 0,015 و 0,026) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وتبين إحصائياً وجود نقصان معنوي في جميع التراكيز وكما مبين في جدول رقم 19.

جدول 19: المقارنه بين قيم النتريت بين مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسبوع

الاسبوع الرابع		الاسبوع الثالث		الاسبوع الثاني		الاسبوع الاول		مستويات الفضة مايكروغرام.لتر ⁻¹
NO ₂ ملغرام.لتر ⁻¹								
خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	
0,024	0,0401	0,011	0,0069	0,011	0,0069	0,011	0,0038	0
	0,001		0,136		0,136		0,006	P value
	40,14		0		0		0	نسبة الازالة %
0,02	0,0401	0,015	0,0069	0,015	0,0069	0,019	0,0038	0,1
	0,001		0,001		0,001		0,001	P value
	50,12		-		-		-	نسبة الازالة %
0,015	0,0401	0,017	0,0069	0,017	0,0069	0,017	0,0038	5
	0,001		0,006		0,006		0,002	P value
	62,59		-		-		-	نسبة الازالة %
0,026	0,0401	0,019	0,0069	0,019	0,0069	0,018	0,0038	10
	0,001		0,005		0,005		0,002	P value
	35,16		-		0		0	نسبة الازالة %

7- النترات NO₃

الاسبوع الاول: أظهرت النتائج ان قيمة الـ NO₃ للمياه الداخلة اعلى من المياه الخارجة عند التراكيز عند التراكيز (0 و 0,1 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ ومتساوية عند التركيز 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ من دقائق الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,95 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (0,85 و 0,82 و 0,95 و 0,83) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود نقصان معنوي لجميع التراكيز عدا التركيز 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ كانت النتيجة غير معنوية، وكما مبين في جدول رقم 20.

الاسبوع الثاني: أظهرت النتائج ان قيمة الـ NO_3 للمياه الداخلة اعلى من المياه الخارجة لجميع تراكيز دقائق الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,93 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (0,77 و 0,86 و 0,81 و 0,81) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود نقصان معنوي لجميع التراكيز وكما مبين في جدول رقم 20.

الاسبوع الثالث: أظهرت النتائج ان قيمة الـ NO_3 للمياه الداخلة أقل من المياه الخارجة لجميع تراكيز دقائق الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,62 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (0,80 و 0,74 و 0,72 و 0,80) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية لجميع التراكيز وكما مبين في جدول رقم 20.

الاسبوع الرابع: أظهرت النتائج ان قيمة الـ NO_3 للمياه الداخلة أقل من المياه الخارجة لجميع تراكيز دقائق الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,21 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (0,81 و 0,80 و 0,81 و 0,80) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية لجميع التراكيز وكما مبين في جدول رقم 20.

جدول 20: المقارنه بين قيم النترات بين مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسبوع

الاسبوع الرابع		الاسبوع الثالث		الاسبوع الثاني		الاسبوع الاول		مستويات الفضة مايكروغرام.لتر ⁻¹
NO ₃ ملغرام.لتر ⁻¹								
خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	
0,81	0,21	0,80	0,62	0,77	0,93	0,85	0,95	0
0,001		0,001		0,001		0,003		P value
0		0		17,20		10,52		نسبة الازالة %
0,80	0,21	0,74	0,62	0,86	0,93	0,82	0,95	0,1
0,001		0,002		0,003		0,002		P value
0		0		7,52		13,68		نسبة الازالة %
0,81	0,21	0,71	0,62	0,81	0,93	0,95	0,95	5
0,001		0,003		0,002		1,000		P value
0		0		12,9		0		نسبة الازالة %
0,80	0,21	0,80	0,62	0,81	0,93	0,83	0,95	10
0,001		0,001		0,002		0,002		P value
0		0		12,9		12,63		نسبة الازالة %

8- الفسفور الكلي TP

الاسبوع الاول: أظهرت النتائج ان قيمة الTP للمياه الداخلة اعلى من المياه الخارجة لجميع تراكيز دقائق الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,84 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (0,77 و 0,73 و 0,77 و 0,65) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود نقصان معنوي لجميع التراكيز وكما مبين في جدول رقم 21.

الاسبوع الثاني: أظهرت النتائج ان قيمة الـTP للمياه الداخلة اعلى من المياه الخارجة لجميع تراكيز دقائق الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,83 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (0,82 و 0,84 و 0,72 و 0,65) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود نقصان معنوي عند التراكيز (5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ وكانت غير معنوية عند التراكيز (0 و 0,1) مايكروغرام.لتر⁻¹ وكما مبين في جدول رقم 21.

الاسبوع الثالث: أظهرت النتائج ان قيمة الـTP للمياه الداخلة أقل من المياه الخارجة عند تراكيز الفضة النانوية (0 و 0,1 و 5) مايكروغرام.لتر⁻¹ وأعلى عند التركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ من دقائق الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,67 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (0,81 و 0,84 و 0,69 و 0,65) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية عند التراكيز (0 و 0,1) مايكروغرام.لتر⁻¹ وكانت غير معنوية عند التراكيز (5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ وكما مبين في جدول رقم 21.

الاسبوع الرابع: أظهرت النتائج ان قيمة الـTP للمياه الداخلة أقل من المياه الخارجة عند تراكيز الفضة النانوية (0 و 0,1) مايكروغرام.لتر⁻¹ وأعلى قيمة عند التراكيز (5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ من دقائق الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,71 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (0,82 و 0,8 و 0,71 و 0,65) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية زيادة معنوية عند التراكيز (0 و 0,1) مايكروغرام.لتر⁻¹ و نقصان معنوي عند التركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ وكانت غير معنوية عند التركيز 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ وكما مبين في جدول رقم 21.

جدول 21: المقارنة بين قيم الفسفور الكلي مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسبوع

الاسبوع الرابع		الاسبوع الثالث		الاسبوع الثاني		الاسبوع الاول		مستويات الفضة مايكروغرام.لتر ⁻¹
TP ملغرام.لتر ⁻¹		TP ملغرام.لتر ⁻¹		TP ملغرام.لتر ⁻¹		TP ملغرام.لتر ⁻¹		
خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	
0,82	0,71	0,81	0,67	0,82	0,83	0,77	0,84	0
0,003		0,002		0,225		0,007		P value
0		0		1,2		8,33		نسبة الازالة %
0,8	0,71	0,84	0,67	0,84	0,83	0,73	0,84	0,1
0,004		0,001		0,225		0,003		P value
0		0		0		13,09		نسبة الازالة %
0,71	0,71	0,69	0,67	0,72	0,83	0,77	0,84	5
1,00		0,074		0,003		0,007		P value
0		0		13,25		8,33		نسبة الازالة %
0,65	0,71	0,65	0,67	0,65	0,83	0,65	0,84	10
0,009		0,074		0,001		0,001		P value
8,45		0		21,68		22,61		نسبة الازالة %

9- الفوسفات الفعالة PO₄

الاسبوع الاول: أظهرت النتائج ان قيمة الـ PO₄ للمياه الداخلة أقل من المياه الخارجة لجميع تراكيز دقائق الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,33 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (1,39 و 1,8 و 0,9 و 1,39) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية لجميع التراكيز عدا التركيز 0.1 مايكروغرام.لتر⁻¹ غير معنوي وكما مبين في جدول رقم 22.

الاسبوع الثاني: أظهرت النتائج ان قيمة PO_4 للمياه الداخلة أعلى من المياه الخارجة لجميع تراكيز دقائق الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 1,56 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (1,74 و 1,43 و 1,17 و 0,64) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وبينت النتائج الإحصائية نقصان معنوية عند جميع التراكيز عدا التركيز 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹ كان غير معنوي وكما مبين في الجدول رقم 22.

الاسبوع الثالث: أظهرت النتائج ان قيمة PO_4 في المياه الداخلة اعلى من المياه الخارجة عند التراكيز (0 و 0,1 و 5) مايكروغرام.لتر⁻¹ عدا التركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ كانت اعلى منه، حيث بلغت في المياه الداخلة 4,93 مايكروغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (1,56 و 1,71 و 1,28 و 1,67) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وتبين من النتائج الإحصائية وجود نقصان معنوي لجميع التراكيز وكما مبين في جدول رقم 22.

الاسبوع الرابع: أظهرت النتائج ان قيمة PO_4 للمياه الداخلة أقل من المياه الخارجة لجميع تراكيز دقائق الفضة النانوية حيث بلغت في المياه الداخلة 0,33 ملغرام.لتر⁻¹ بينما سجلت المياه الخارجة القيم التالية (1,4 و 1,3 و 1,4 و 1,35) ملغرام.لتر⁻¹ عند التراكيز (0 و 0,1 و 5 و 10) مايكروغرام.لتر⁻¹ على التوالي وتبين من النتائج الإحصائية وجود زيادة معنوية لجميع التراكيز وكما مبين في الجدول رقم 22.

جدول 22: المقارنه بين قيم الفوسفات الفعالة بين مياه الفضلات الداخلة و الخارجة من الوحدات التجريبية لجميع الاسبوع

الاسبوع الرابع		الاسبوع الثالث		الاسبوع الثاني		الاسبوع الاول		مستويات الفضة مايكروغرام.لتر ⁻¹
PO ₄ ملغرام.لتر ⁻¹								
خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	
1,40	0,33	1,56	4,93	1,47	1,56	1,39	0,33	0
0,001		0,001		0,016		0,015		P value
0		68,35		10,9		8,33		نسبة الازالة %
1,30	0,33	1,71	4,93	1,43	1,56	1,8	0,33	0,1
0,001		0,001		0,062		0,08		P value
0		65,31		13,33		13,09		نسبة الازالة %
1,40	0,33	1,28	4,93	1,17	1,56	0,9	0,33	5
0,004		0,001		0,002		0,03		P value
0		74,03		29,09		8,33		نسبة الازالة %
1,35	0,33	1,67	4,93	0,64	1,56	1,39	0,33	10
0,001		0,001		0,001		0,032		P value
0		66,12		21,21		22,61		نسبة الازالة %

3-3 قياسات النبات Measurements of The Plant

1- طول النبات Plant Length

تراوحت اطوال النبات بين اقل قيمة 42 سم مسجلة عند التركيز 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية واعلى قيمة مسجلة بلغت 57,3 سم عند التركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية. كما مبين في الجدول 23 والشكل 14. تبين من نتائج التحليل الاحصائي عدم وجود فرق معنوي ($p>0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية. ولكن وجد ارتباط معنوي موجب بين طول النبات وانزيم البيرووكسيداز ($r=98$) ، كما موضح في الجدول 22.

2- عدد خلفات النبات Number of Plant Branches

تراوحت اعداد الخلفات بين 21-42.7 خلفه.نبات⁻¹ حيث كانت اقل قيمة مسجلة عند تركيز دقائق الفضة النانوية 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمة عند التركيز 0,1 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية وكما موضح بالجدول 23 والشكل 15 وأظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فرق معنوي ($p\leq 0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية.

3- عدد اوراق النبات Number of Plant Leaves

بلغت اعداد الاوراق اقل قيمة 3,33 ورقة.نبات⁻¹ عند التراكيز 0,1 و 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمة 3,66 ورقة.نبات⁻¹ عند التراكيز 0 و 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية. كما موضح في الجدول 23 والشكل 16. تبين من نتائج التحليل الاحصائي عدم وجود فرق معنوي ($p>0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية

4- الكلوروفيل Chlorophyll

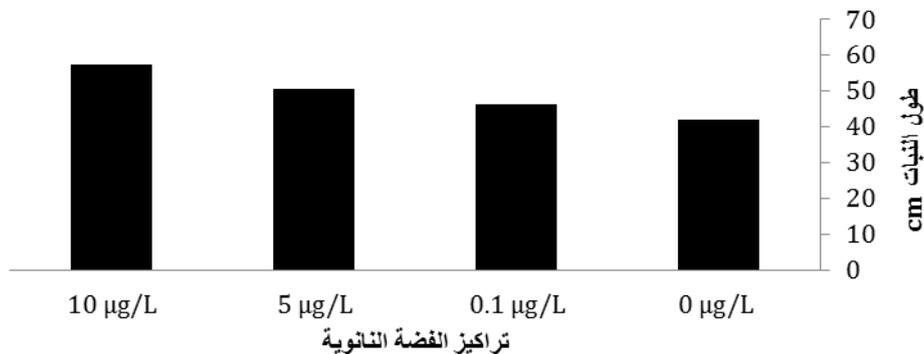
تراوحت قيم الكلوروفيل بين 37,50 و 41,93 ملغم.غم⁻¹ حيث كانت اقل قيمة عند تركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمة عند التركيز 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية. كما موضح بالجدول رقم 23 والشكل 17 وتبين من نتائج التحليل الاحصائي عدم وجود فرق معنوي ($p>0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية.

5-انزيم البيروكسيداز Peroxidase Enzyme POD

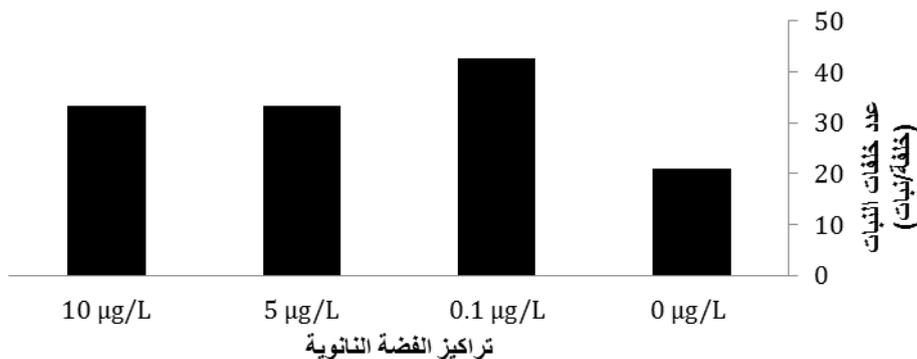
تراوحت القيم بين اقل قيمة 0,68 وحدة.مل⁻¹ عند تركيز الفضة النانوية 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ واعلى قيمة 0.9 وحدة.مل⁻¹ عند التركيز 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية كما مبين في جدول 23 وشكل 18. تبين نتائج التحليل الاحصائي وجود فرق معنوي ($p\leq 0.05$) بين تراكيز الفضة النانوية.

جدول 23: تغاير بعض الخصائص المظهرية و الفسيولوجية في نبات *C.indica* في الاراضي الرطبة المعرضة لتراكيز مختلفة من AgNPs

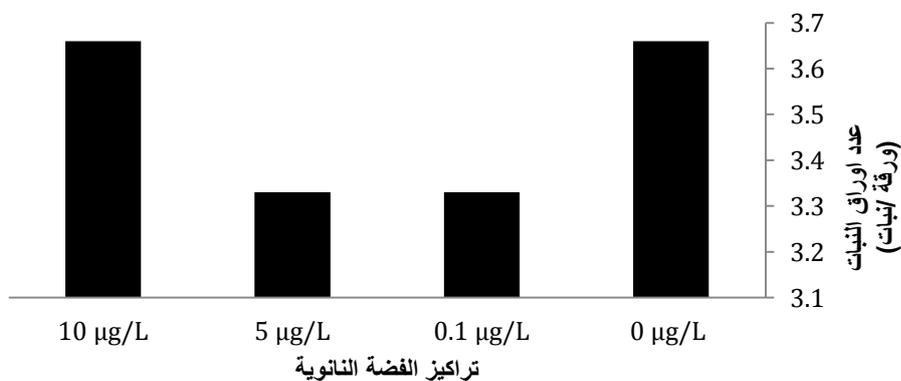
L.S.D	تراكيز الفضة النانوية مايكروغرام.لتر ⁻¹				قياسات النبات
	10	5	0,1	0	
0,35	57,3 ±1	50,7 ±1	46,3 ±1	42,0 9.539	طول النبات (سم)
0,25	33,3 ±5.774	33,3 ±9.292	42,7 ±11.24	21,0 ±6.083	عدد خلفات النبات (خلفة.نبات ⁻¹)
0,0178	3,66 ±0.577	3,33 ±0.577	3,33 ±0.577	3,66 ±0.577	عدد اوراق النبات (ورقة.نبات ⁻¹)
0.178	37,50 ±3.439	41,93 ±4.881	37,77 ±3.262	37,97 ±0.987	الكلوروفيل (ملغم.غم ⁻¹)
0,0032	0,9 ±0.12	0,81 ±0.03	0,78 ±0.115	0,68 ±0.0961	POD (وحدة.مل ⁻¹)



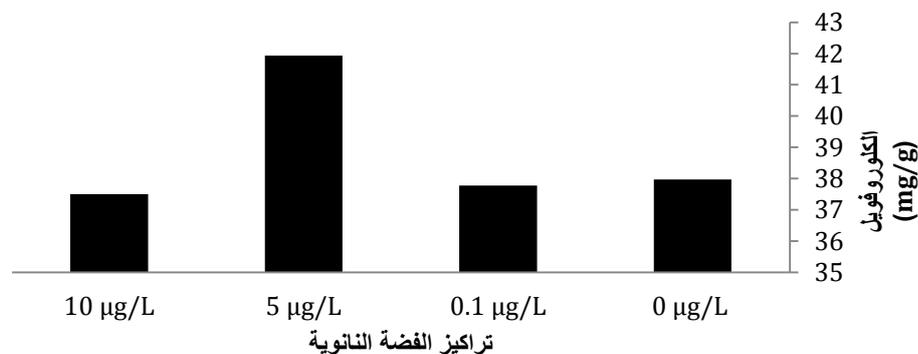
شكل 14: تغيرات طول النبات المستخدم في الاراضي الرطبة المشيدة المعرضة لتراكيز من AgNPs



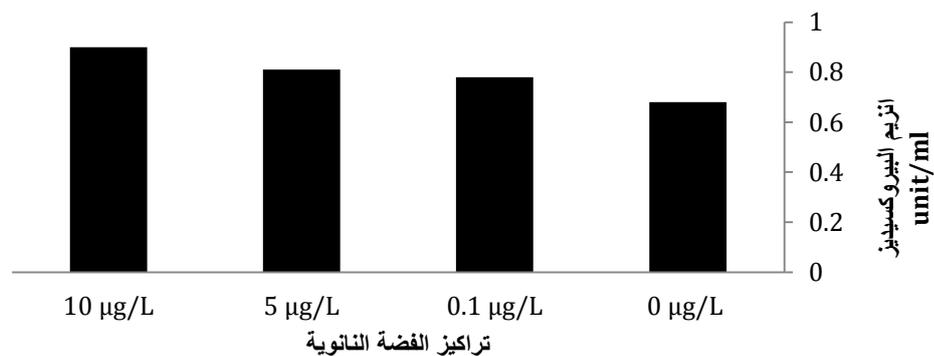
شكل 15: تغيرات عدد خلفات النبات المستخدم في الاراضي الرطبة المشيدة المعرضة لتراكيز من AgNPs



شكل 16: تباير عدد اوراق النبات المستخدم في الاراضي الرطبة المشيدة المعرضة لتراكيز من AgNPs



شكل 17: تباير تراكيز كلوروفيل النبات المستخدم في الاراضي الرطبة المشيدة المعرضة لتراكيز من AgNPs



شكل 18: تباير تراكيز POD النبات المستخدم في الاراضي الرطبة المشيدة المعرضة لتراكيز من AgNPs

4-3 فحوصات الاحياء المجهرية Microbiology Examinations

1-3-4 انواع البكتريا القولونية Types of Coliform Bacteria

لقد بينت نتائج الدراسة الحالية في الجدول (24) ان الانواع التي ظهرت في المياه الداخلة الى الوحدات التجريبية والمياه الخارجة عند التركيز 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية كانت *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Enterobacter cloacae* , اما الانواع التي ظهرت في المياه الخارجة من الوحدة التجريبية عند التراكيز 0,1 و 5 و 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية كانت *Salmonella enteritidis*.

2-4-3 العدد الكلي للبكتريا القولونية Total Number of Coliform Bacteria

تم حساب العد الكلي للبكتريا القولونية في المياه الخارجة من الوحدات التجريبية للاسبوع الرابع من التجربة وأظهرت النتائج مايلي :

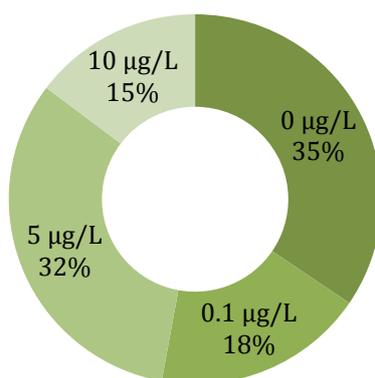
العدد الكلي للبكتريا القولونية للتركيز 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ بلغت 6×10^3 وهي اعلى قيمة، اما في التركيز الرابع 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ بلغت اقل قيمه هي 128×10^1 كما موضح في جدول (25) وشكل 19. أظهرت النتائج وجود فروق معنوية في اعداد البكتريا القولونية في تراكيز الفضة النانوية. كذلك تبين وجود ارتباط معنوي سالب قوي جدا بين عدد البكتريا القولونية الكلي و BOD_5 ($r=-0.95$) و موجب مع EC ($r=0.99$) جدول 22.

جدول 24: انواع البكتريا القولونية في مياه الصرف الصحي الداخلة والخارجة لجميع تراكيز الفضة النانوية AgNPs

مياه الصرف الخارجة				مياه الصرف
10 مايكروغرام.لتر ⁻¹	5 مايكروغرام.لتر ⁻¹	0,1 مايكروغرام.لتر ⁻¹	0 مايكروغرام.لتر ⁻¹	الداخلة
<i>S. enteritidis</i>	<i>S. enteritidis</i>	<i>S. enteritidis</i>	<i>S. enteritidis</i>	<i>S. enteritidis</i>
-	-	-	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>
-	-	-	<i>K. pneumoniae</i>	<i>K. pneumoniae</i>
-	-	-	<i>E. cloacae</i>	<i>E. cloacae</i>

جدول 25: العدد الكلي للبكتريا القولونية في الوحدات التجريبية عند تراكيز الفضة النانوية المختلفة

L.S.D	تراكيز الفضة النانوية مايكروغرام.لتر ⁻¹				العدد الكلي للبنكتريا القولونية
	10	5	0,1	0	
4,4	1280	2820	1600	3000	
	±83.27	±117.2	±305.5	±200	



شكل 19: النسب المئوية لبكتريا القولون في الوحدات التجريبية للاراضي الرطبة المشيدة المعاملة بتراكيز مختلفة من

AgNPs

جدول 26: معامل الارتباط بين العدد الكلي للبكتريا و قياسات الماء الفيزيائية والكيميائية للمياه الخارجة

العدد الكلي للبكتريا القولونية	
0	العدد الكلي للبكتريا القولونية
0,64	pH
0,99	EC
-0,59	DO
-0,95	BOD ₅
0,89	NH ₄
0,76	NO ₂
0,66	NO ₃
-0,53	P
0,64	PO ₄

جدول 27: معامل ارتباط القياسات النباتية

				0	طول النبات
				0,34	عدد خلفات النبات
			-0,7	0,1	عدد الاوراق
		-0,58	0,009	0,07	الكلوروفيل
0	0,037	-0,03	0,52	0,98	POD
POD	الكلوروفيل	عدد الاوراق	عدد خلفات النبات	طول النبات	

جدول 28: معامل الارتباط لقياسات مياه الصرف الصحي الاسبوع الاول

								0	pH
								0,38	EC
							-0,047	0,78	DO
						0,68	0,47	0,51	BOD ₅
					-0,4	-0,069	0,28	0,49	NH ₃
				0,38	-0,97	-0,82	-0,31	-0,59	NO ₂
			0,063	0,18	0,16	-0,47	0,89	-0,047	NO ₃
		0,52	-0,48	-0,71	0,63	-0,09	0,45	-0,27	P
0	-0,11	-0,7	0,32	-0,56	-0,41	-0,17	-0,92	-0,67	PO ₄
PO ₄	P	NO ₃	NO ₂	NH ₃	BOD ₅	DO	EC	pH	

جدول 29: معامل ارتباط قياسات مياه الصرف الصحي الاسبوع الثاني

								0	pH
								-0,38	EC
							-0,59	-0,0085	DO
						0,59	0,16	-0,71	BOD ₅
					-0,73	-0,70	0,44	-0,48	NH ₃
				0,66	-0,99	-0,59	-0,21	0,67	NO ₂
			-0,07	-0,32	0,064	0,38	-8 ,0	0,53	NO ₃
		0,60	-0,78	-0,47	0,74	0,86	-0,13	-0,07	P
0	0,95	0,42	-0,75	-0,23	0,69	0,67	0,13	-0,044	PO ₄
PO ₄	P	NO ₃	NO ₂	NH ₃	BOD ₅	DO	EC	pH	

جدول 30: معامل الارتباط لقياسات مياه الصرف الصحي الاسبوع الثالث

								0	pH
								-0,62	EC
							-0,35	0,48	DO
						0,22	-0,12	-0,57	BOD ₅
					0,2	-0,89	0,42	-0,79	NH ₃
				0,14	-0,6	-0,35	0,86	-0,18	NO ₂
			-0,43	-0,57	-0,3	0,49	-8 ,0	0,96	NO ₃
		-0,03	-0,72	-0,21	0,91	0,59	-0,35	-0,21	P
0	0,35	0,58	-0,16	-0,97	0,03	0,96	-0,29	0,62	PO ₄
PO ₄	P	NO ₃	NO ₂	NH ₃	BOD ₅	DO	EC	pH	

جدول 31: معامل الارتباط لقياسات مياه الصرف الصحي الاسبوع اربع

								0	pH
								-0.61	EC
							-0.58	0,99	DO
						0,41	-0.91	-0.39	BOD ₅
					-0.8	-0.37	0,94	-0.19	NH ₃
				-0.38	-0.83	0,07	0,77	0.04	NO ₂
			0,98	0,79	-0.75	0,19	0,97	0.16	NO ₃
		0,97	0,97	0,7	-0.78	0,22	0,63	0,2	P
0	0,96	0,99	0,97	0,8	-0.71	0,21	0,66	0,17	PO ₄
PO ₄	P	NO ₃	NO ₂	NH ₃	BOD ₅	DO	EC	pH	

الفصل الرابع

Chapter Four

المناقشة

Discussion

بينت النتائج ان تحول المحلول (نترات الفضة والمستخلص النباتي) من اللون الشفاف الى اللون البني المحمر خلال عملية الخلط المستمر وهذا ما يدل على تكون جسيمات AgNPs واختزال Ag^+ الى AgNPs وان ظروف التصنيع تؤثر على تكون الجسيمات النانوية الفضية فان قيمة الالاس الهيدروجيني لها تأثير كبير حيث يزداد التغير اللوني كلما ارتفعت قيمة الالاس الهيدروجيني (Sharma و اخرون ، 2020) كذلك تتأثر عملية تصنيع جسيمات الفضة بالمحتوى المائي للمحلول وتركيز نترات الفضة (He و اخرون، 2004)

ان جسيمات AgNPs لها خصائص ومميزات تعتمد على الشكل والحجم اذ يمكن ان يمتد الطول الموجي لجسيمات الAgNPs من 393-738 نانومتر (Xu و Huang ، 2010) وتبين من نتائج الدراسة الحالية ان الطول الموجي للفضة النانوية قد بلغ 420 نانومتر و تتفق نتائج هذه الدراسة مع Madura et al (2022) الذي استخدم نبات سرّة الارض (*Centella asiatica*) لتصنيع جسيمات AgNPs وكذلك Ridha et al (2020) الذي استخدم نبات التين الشوكي *Opuntia* لتصنيع جسيمات AgNPs ، حيث تعتمد ذروة الامتصاص على تركيز نترات الفضة $AgNO_3$ فكلما كان حجم الجسيمات اكبر كان الطول الموجي اكبر (Sobczak-Kupiec et al., 2011) وايضا تتأثر ذروة الطول الموجي بالالاس الهيدروجيني حيث كلما كانت ظروف التصنيع قلوية زادت حدة الطول الموجي لجسيمات الAgNPs (Sharma و اخرون، 2020)، كذلك تمتلك النباتات العديد من المركبات مثل مضادات الأوكسدة والترابينات و الفالفونيدات والتي لها تأثيرات ايجابية على استقرار جسيمات الفضة وربطها ومنع تكتلها وبالتالي استقرار الوسط، اي ان مركبات الايض الثانوي في النبات تؤدي دور في تشكيل واستقرار الوسط. (Mohammedlou و اخرون، 2016)

لقد اظهر مطياف الأشعة فورييه تحت الحمراء FT-IR العديد من المواد الفعالة شملت (الامينات الثانوية و الحوامض الكربوكسيلية و الالكينات الطرفية والاسيتلين و ايزوثيوسيانات و الايثرات العطرية و حلقات عطرية من بنزين أحادي الاستبدال و الالكينات) وقد يعود سبب وجود هذه المواد الى احتواء بذور نبات الريحان *Ocimum basilicum* L. على مركبات فينولية و فلافونيدات وقلويدات وكذلك نشاط مضاد للاكسدة (Nazir و wani، 2021) و ان وجود مجموعة الهيدروكسيل والكربوكسيل والامينات تشارك بشكل اساسي في تصنيع جسيمات AgNPs ومسؤولة عن تثبيت الـAgNPs في المحلول (Khan و اخرون، 2017)

من النتائج التي تبينت من فحص حيود الأشعة السينية XRD ان معدل حجم جسيمات الـAgNPs هو 33,733 نانومتر حيث تراوحت الاحجام بين 10,5 - 51,1 نانومتر وهذا يتفق مع Bakir (2022) حيث خلقت جسيمات فضة نانوية بطريقة حيوية وكان الحجم 33 نانومتر، بينما وجد Rao (2013) ان حجمها 42 نانومتر والمحضرة من اوراق نبات الريحان (حبق رقيق الازهار) *Ocimum sanctum* وقد يعود هذا بسبب تركيز نترات الفضة $AgNO_3$ لتصنيع جسيمات AgNPs فعندما يتم تصنيع جسيمات AgNPs بتركيز عالية من نترات الفضة $AgNO_3$ تحدث عملية اختزال سريعة لتكوين عدد اكبر من النوى نتيجة لذلك تتشكل جسيمات نانو صغيرة ذات مساحة سطحية عالية في وقت قصير أي كلما زاد تركيز $AgNO_3$ انخفض حجم جسيمات AgNPs (He و اخرون، 2004) حيث ان جسيمات النانو الفضية الاصغر حجما اكثر فعالية في انتاج مفعول مضاد للبكتريا من الجسيمات النانوية الكبيرة نتيجة لمساحتها السطحية الكبيرة التي توفر مساحة تفاعل اكبر (Sharma و اخرون، 2020).

ان المجهر الالكتروني الماسح SEM اظهر ان اشكال الجسيمات النانوية الفضية مكعبه الشكل تتنقق مع *Shameli et al* (2014) حيث وجد ان جسيمات AgNPs المصنعة حيويًا من نبات الكركم كان شكلها مكعب وكذلك تتفق نتائج هذه الدراسة *Shafaghat* (2015) بينما وجد *Rao* (2013) ان جسيمات AgNPs المصنعة حيويًا من اوراق نبات الريحان كان شكلها بلوري مثلث وهذا لا يتفق مع نتائج الدراسة الحالية، وتراوحت حجمها من 44 - 91 نانومتر وهذا قد يعود الى تركيز نترات الفضة المستخدمة وظروف التصنيع (He واخرون، 2004) وايضا بينت النتائج عدم وجود تكتلات في الجسيمات الفضية النانوية وقد يعود ذلك الى أن مجموعة الكربوكسيل من بقايا الأحماض الأمينية لديها قدرة أقوى على ربط المعدن مما يشير إلى أن البروتينات يمكن أن تكون حول الجسيمات النانوية المعدنية (أي تغطية الجسيمات النانوية الفضية) لمنع التكتل وبالتالي الاستقرار الوسط، يشير هذا إلى أن المواد الفعالة يمكن أن تؤدي وظائف مزدوجة لتكوين وتثبيت AgNPs في الوسط المائي (Mallikarjuna واخرون، 2011).

تبين من خلال النتائج ان قيم الاس الهيدروجيني كانت متعادلة عند جميع التراكيز خلال اسابيع التجربة وكانت النتائج غير معنوية وهذا يتفق مع دراسة (Hadidi و Sweity ، 2022) و بينما نلاحظ ان قيم pH للمياه الداخلة اعلى من المياه الخارجة من الوحدات التجريبية في جميع الاسابيع وربما يعود ذلك الى القابلية التنظيمية للمياه او ارتفاع وانخفاض الايونات الموجبة والسالبة او قد يكون بسبب زيادة تركيز CO₂ الناتج عن عملية التحلل للمواد العضوية التي تزيد من الحامضية وبالتالي انخفاض pH وهذا ما يفسره وجود علاقة ارتباط موجبة ضعيفة جدا بين pH و NH₃ و NO₂ و NO₃ و P و PO₄ وعلاقة ارتباط سالبة مع EC و العدد الكلي للبكتريا القولونية .

كذلك ان قيم التوصيلية الكهربائية تذبذبت عند جميع التراكيز خلال مدة التجربة وكانت النتائج غير معنوية، وربما يعود ذلك الى الارتفاع والانخفاض في الايونات الموجبة والسالبة، وكذلك نجد ارتفاع قيم الملوحة في المياه الخارجة عن المياه الداخلة للوحدات التجريبية خلال مدة الدراسة وقد يكون ذلك بسبب

احتواء التربة والحصى على الاملاح حيث عند زيادة الاملاح تزداد التوصيلية. وهذا يتفق مع Bouchama (2022) ويدل على هذا وجود علاقة ارتباط قوية جدا بين التوصيلية الكهربائية و NH_3 و NO_2 و NO_3 و P و PO_4 .

تراكيز الاوكسجين المذاب تراوحت بين 2,89 - 4,95 ملغرام.لتر⁻¹ عند جميع التراكيز خلال الاسبوع الاربعة وكانت جميع التراكيز معنوية. ونلاحظ عند مقارنة تراكيز الاوكسجين المذاب بين المياه الداخلة والمياه الخارجة من الوحدات التجريبية ان القيم كانت منخفضة في المياه الخارجة خلال الاسبوع الثلاثة الاولى ثم تعاود الارتفاع في الاسبوع الاخير، ان انخفاض تراكيز الاوكسجين قد يكون بسبب جسيمات AgNPs حيث تطلق جسيمات الـ AgNPs جذورا حرة اثناء التفاعل وهذه الجذور الحرة ROS تتفاعل مع الاوكسجين وتطلق جذورا حرة اخرى مثل البيروكسيد H_2O_2 والذي يتحول بدوره الى بخار ماء (Maiese واخرون، 2007). قد يعود الارتفاع في الاسبوع الاخير لانخفاض الاحياء المجهرية لوجود AgNPs، حيث تعمل AgNPs كمضاد بكتريا (Rudrappa واخرون، 2022) وهذا ما وجد من نتائج الارتباط حيث كانت هناك علاقة ارتباط سالبة بين تركيز الأوكسجين المذاب DO والعدد الكلي للبكتريا القولونية .

و يتضح ان قيم BOD_5 قد انخفضت عند المعاملة بالـ AgNPs مقارنة بالسيطرة (Control) عدا الاسبوع الرابع فقد ارتفعت القيم، وقد يعود هذا الانخفاض الى زيادة عملية التحلل للمواد العضوية اما معاودة الارتفاع في الاسبوع الرابع فمن الممكن ان يكون بسبب زيادة المواد العضوية الداخلة وانخفاض معدل التحلل لانخفاض الاحياء المجهرية كما وجد من نتائج معامل الارتباط التي بينت وجود علاقة سالبة قوية بين العدد الكلي للبكتريا القولونية وتركيز BOD_5 في الاسبوع الرابع الاخير، وايضا يتبين من النتائج ان قيم BOD_5 قد انخفضت في جميع التراكيز مقارنة بالسيطرة (Control) وقد يعود هذا الانخفاض

لوجود جسيمات الـ AgNPs وهذا يتفق مع (Zahmatkesh وآخرون، 2022) الذي استخدم جسيمات AgNPs واوكسيد المنغنيز النانوي في معالجة مياه الصرف الصحي.

وكما هو موضح في نتائج الدراسة ، ان الـ NH_3 قد حققت نسب ازالة عالية في جميع التراكيز وبالأخص في الوحدات التجريبية المعرضة لجسيمات AgNPs كانت نسب الإزالة اعلى حيث بلغت نسب الازالة في الاسبوع الرابع للامونيا NH_3 99.33% و 99.51% و 99.55% و 99.27% عند التراكيز 0 و 0.1 و 5 و 10 مايكروغرام.لتر-1 من جسيمات الـ AgNPs على التوالي وهذا قد يعود لقابلية نبات الموز الفحل على امتصاص الامونيا لزيادة النمو الخضري كما وجد كل من Ghezali (2022) و Wu (2019) او قد يكون بسبب نظام الاراضي الرطبة كما وجد Falahi (2021) وايضا وجود جسيمات AgNPs ادى الى زيادة نسبة الازالة وقد تبين ان نسب الازالة تزداد على المدى القريب والبعيد .

بينت نتائج النتريت NO_2 الى ان نسب الازالة عند انتهاء التجربة بلغت 40.14% و 50.12% و 62.59% و 35.16% عند التراكيز 0 و 0.1 و 5 و 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية على التوالي و كانت النتائج معنوية حيث ساهمت جسيمات AgNPs عند التراكيز المنخفضة بزيادة نسبة الازالة ولكن تراكم النتريت خلال الاسبوع الثلاثة الاولى لجميع التراكيز و ايضا يزداد التراكم كلما زاد تركيز جسيمات AgNPs. وقد يكون السبب هو أن إضافة دقائق AgNPs تثبط نشاط اختزال النترات، بينما تسبب تأثيرات أقل على نشاط اختزال النتريت (Xiaohong وآخرون، 2021) .

بينت النتائج ان اعلى نسبة ازالة للنترات بلغت 17.20% في الاسبوع الثاني من الدراسة وعند التركيز 0 مايكروغرام.لتر⁻¹ وبعدها توقفت عملية الازالة في الاسبوع الثالث والرابع عند جميع التراكيز وايضا قلة نسبة الازالة بوجود جسيمات AgNPs وقد يعود هذا التراكم الى ان جسيمات AgNPs تمنع ازالة الـ NO_3 وتثبط عملية النتجة وهذا يتفق مع Cao et al (2021)، او قد يكون بسبب نظام الاراضي الرطبة المشيدة كما وجد Khan (2020) وكانت النتائج معنوية .

لم تُظهر نتائج إزالة الـ TP أي فروق عند المستويات الثلاث من دقائق AgNPs في أول أسبوعين من التعرض لكل من 0 و 0,1 و 5 و 10 مايكروغرام.لتر⁻¹ من دقائق AgNPs وكانت النتائج غير معنوية في الاسبوع الاول ومعنوية لبقية الاسبوع ، وبعد اسبوعين من التعرض لدقائق AgNPs تمت زيادة تراكيز TP بشكل واضح بالمقارنة مع مجموعة السيطرة وكانت النتائج معنوية لجميع الاسبوع، وانخفضت كفاءة الإزالة بنسبة كبيرة وهذا يتفق مع (Huang وآخرون، 2017). وفي الوقت نفسه أشارت النتائج وبشكل واضح أن ارتفاع مستويات دقائق AgNPs يمكن أن تؤثر على إزالة المغذيات بعد التعرض لفترة زمنية طويلة، حيث كان للإزالة علاقة إيجابية بتركيز دقائق AgNPs وهذا يتفق مع Huang *et al* (2019) حيث وجد ان لجسيمات AgNPs تنشيط طفيف لإزالة الفسفور. كما توجد علاقة ارتباط قوية موجبة بين الفسفور الكلي والفسفات الفعالة و النتريت والنترات

تظهر نتائج الفوسفات الفعالة PO₄ ان الازالة بدأت من الاسبوع الثاني من التجربة وارتفعت في الاسبوع الثالث وانعدمت الازالة في الاسبوع الرابع كذلك تبين ان نسبة الازالة تزداد بوجود جسيمات AgNPs مقارنة بالسيطرة وبلغت اعلى نسبة ازالة عن التركيز 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ من الفضة النانوية في الاسبوع الثالث، نجد ان الاراضي الرطبة المشيدة تساهم في ازالة الفوسفات الفعالة من مياه الصرف الصحي كما وجد Chavan and Mutnuri (2021) وقد يعود انخفاض نسبة الازالة الى تراكم بسيط في الفوسفات الفعالة وانخفاض التركيز في المياه الداخلة. وكانت النتائج معنوية بين تراكيز AgNPs عدا الاسبوع الاول ومعنوية عند المقارنة مع المياه الداخلة لجميع الاسبوع. ووجد علاقة ارتباط معنوية قوية موجبة بين الفوسفات الفعالة والفسفور الكلي و النتريت والنترات.

ومع ذلك، كانت نتائج الدراسة الحالية متباينة مع الدراسات السابقة، وتراوحت التأثيرات من عدم التنشيط إلى درجات متفاوتة من التنشيط عند إضافة تراكيز مختلفة من دقائق AgNPs إلى مياه الصرف

الصحي (Cao ، وآخرون ، 2022 ؛ Cao وآخرون ، 2021) حيث كان تباين تأثيرات التثبيط مرتبطاً بالاختلافات في معايير الدراسة، والتي من المعروف أنها تؤثر على دور ومصير الدقائق النانوية، بما في ذلك نوع دقائق الفضة وخصائصها من ناحية الحجم ونوع الدقائق المستخدمة وكذلك تركيز الفضة وطريقة الجرعات والمدة الزمنية للمعاملات. علاوة على ذلك، يمكن تحويل AgNPs في الحمأة المنشطة إلى مجموعات Ag_2S و Ag-sulfhydryl، ويمكن أن يتفاعل Ag^+ مع الروابط (مثل Cl^- و S^{2-} و PO_4^{3-} وغيرها) في مياه الصرف لتشكيل معقدات فضية، والتي تقلل من سمية AgNPs (Bao وآخرون ، 2016).

أما الفحوصات النباتية فقد أظهرت النتائج أن قيم طول النبات ازدادت بزيادة تراكيز AgNPs وكانت التأثيرات غير معنوية، وهذا يتفق مع دراسة (Zulfiqar وآخرون ، 2022) الذي استخدم AgNPs مع نبات الفاكهة و وجد Latif (2017) أن التراكيز أقل من 60 مايكروغرام. لتر⁻¹ تسبب زيادة في طول أغصان نبات القمح حيث استخدم تراكيز 20 و 40 و 60 مايكروغرام. لتر⁻¹ من AgNPs ولاحظ أن تركيز 60 مايكروغرام. لتر⁻¹ تسبب في تثبيط أطوال أفرع النبات وعزا ذلك إلى أن التراكيز العالية من AgNPs قد تكون سامة لنبات القمح ، وكانت هناك علاقة ارتباط معنوية موجبة قوية جدا بين طول النبات وانزيم البيروكسيداز POD.

أن قيم عدد خلفات النبات ازدادت عند إضافة AgNPs مقارنة بالسيطرة حيث بلغت أعلى قيمة عند التركيز 0,1 مايكروغرام. لتر⁻¹ وكانت الفروقات والتأثيرات معنوية مع وجود علاقة ارتباط معنوية سالبة بين عدد خلفات النبات وعدد الأوراق ، وعند زيادة عدد الخلفات يعني زيادة الكتلة الحيوية وهذا ما جاء به (Talei وآخرون ، 2022) ، بينما لم تظهر أي فروق أو تأثيرات معنوية في عدد الأوراق بوجود أو عدم وجود AgNPs (Gruyer وآخرون ، 2013).

لم يظهر الكلوروفيل أي تغير معنوي وكانت القيم متقاربة مقارنة بالسيطرة ولكن لوحظ ارتفاع قيمة الكلوروفيل عند التركيز 5 مايكروغرام.لتر⁻¹ وهذا يتفق مع (Homae و Ehsanpour، 2015)، قد تكون هذه التأثيرات بسبب وجود جسيمات AgNPs حيث تتمتع الجسيمات النانوية بمساحة سطحية عالية والتي توفر سطح للماسك بالمغذيات وبالتالي توفير مغذيات وامداد للنبات، علاوة على ذلك قد يوفر النشاط المضاد للميكروبات للـAgNPs الحماية لجذور النبات ضد مجموعة من السلالات الميكروبية وبالتالي تعزيز صحتها ونموها (Sharma وآخرون، 2020).

اظهرت تراكيز انزيم البيروكسديز POD ارتفاع عند زيادة تركيز AgNPs حيث ان الـAgNPs بتراكيزها المنخفضة تزيد من تراكيز مضادات الاكسدة للنباتات كما اشار (Gupta وآخرون، 2018) وقد يعود سبب ارتفاع انزيم البيروكسديز POD في النبات لجسيمات AgNPs التي تطلق جذارا حرة ROS وبدورها تتفاعل مع الاوكسجين وتطلق جذارا حرة اخرى مثل البيروكسديز H₂O₂ وهذا يسبب زيادة في الجهد التأكسدي للنبات مما يزيد من نشاط انزيم البيروكسديز POD (Sharma وآخرون، 2020) وكانت النتائج متماثلة لتاثير الـAgNPs على انزيم POD لدراسة (Banerjee وآخرون، 2014) . وكانت علاقة الارتباط بين الـPOD و طول النبات قويه ومعنوية وايضا موجبة معنوية مع عدد الخلفات.

ان المجتمعات الميكروبية تتأثر بشكل كبير بالـgNPs (Abd Ali وShareef، 2022) حيث تشير النتائج ان جسيمات AgNPs لها القابلية على تثبيط نمو ثلاث انواع من البكتريا القولونية *Klebsiella pneumonia*, *Escherichia coli*, *Enterobacter Cloacae* وهذا يتفق مع (Yassin وآخرون، 2022) حيث ان جسيمات AgNPs تعمل على هدم وتمزيق جدار الخلي للبكتريا ويمكن أن تمنع أيونات AgNPs تصنيع البروتينات عن طريق تغيير طبيعة الرايبوسومات في السيتوبلازم

(Durán وآخرون، 2016)، واثرت على نمو *Salmonella Enteritidis* لكنها ظهرت في جميع التراكيز وقد يعود ذلك لتراكيز AgNPs المنخفضة حيث هنالك العديد من الدراسات تشير الى تأثير بكتريا السالمونيلا بجسيمات AgNPs ولكن بالتراكيز العالية حيث استخدم Losasso (2014) تركيز 200 ملغرام/لتر¹، وظهرت الدراسة ان العدد الكلي للبكتريا القولونية منخفض في جميع التراكيز مقارنة بالسيطرة وبلغ اقل عدد عند تركيز 10 AgNPs مايكروغرام/لتر¹ فضلا عن ان هنالك تأثير معنوي في العدد الكلي للبكتريا القولونية بين تراكيز AgNPs. وهذا يتفق مع (Huang وآخرون، 2019) و قد يساهم نظام الاراضي الرطبة في هذا الانخفاض وهذا يتفق مع دراسة (Datta وآخرون، 2021) وايضا وجد ان كفاءة الإزالة للبكتيريا القولونية الكلية أعلى باستمرار من 80% في الاراضي الرطبة المشيدة، ويعود انخفاض العدد الكلي للبكتريا القولونية الى تأثير جسيمات AgNPs عليها بشكل مباشر حيث قد تكون الجدار الحرة التي تنتجها AgNPs مسؤولة عن اتلاف غشاء الخلية البكتيرية مما يؤدي الى تسرب مكونات الخلية (Kim وآخرون، 2007) وقد تتفاعل AgNPs ايضا مع الحمض النووي DNA والبروتينات والجزيئات الحيوية الاخرى والتي تحتوي على الكبريت والنتروجين والفسفور بعد اختراق الخلية والتاثير على وظائفها بشكل سلبي (Marambio-Jones و Hoek، 2010؛ Nel وآخرون، 2009).

الإستنتاجات والتوصيات

**Conclusions and
Recommendations**

الاستنتاجات

توصلت الدراسة إلى الاستنتاجات التالية:

أثرت جسيمات الفضة النانوية المضافة الى مياة الصرف الصحي على نسبة الازالة لل NO_2 و NH_3 و PO_4 تأثيرا ايجابيا.

انخفضت نسب الازالة لل NO_3 و TP في الاسبوع الثالث و الرابع مما يشير إلى أن المستويات الأعلى من دقائق AgNPs تثبط عملية النترجة في وقت التعرض طويل الأجل

أشارت النتائج وبشكل واضح أن إرتفاع مستويات دقائق AgNPs يمكن أن تؤثر على إزالة المغذيات بعد التعرض لمدة زمنية طويلة، و كان للإزالة علاقة إيجابية بتركيز دقائق AgNPs.

تأثر المجتمع الميكروبي بتركيز جسيمات AgNPs مع ظهور مقاومة واضحة لبعض الانواع مثل *Salmonell Enteritidis*.

زيادة كفاءة انظمة الاراضي الرطبة في ازالة المغذيات وتقليل كثافة المجتمع الميكروبي بوجود دقائق AgNPs.

اثر جسيمات الفضة النانوية المضافة الى مياة الصرف الصحي على توفير بيئة غنية بالمغذيات لنباتات الاراضي الرطبة مما انعكس ايجابيا على الصفات المظهرية والفسولوجية للنبات.

التوصيات

1. تقييم سمية AgNPs قبل استخدامها للتطبيقات الحقلية في حال وجود بكتريا.
2. اجراء المزيد من الدراسة للتأثير المضاد للميكروبات لـ AgNPs في البيئة.
3. اجراء الدراسات حول تأثير AgNPs المصنعة حيويًا على المستوى الجيني في البكتيريا و الاحياء الدقيقة الاخرى مثل الفطريات والطحالب.
4. انشاء محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي تتضمن انظمة الاراضي الرطبة المشيدة وباستخدام نباتات مختلفة ذات قابلية عالية على الازالة الحيوية.

المصادر

References

Abd Ali, M. A., & Shareef, A. A. (2022). Green Synthesis of Silver Nanoparticles: An Application of Antibiotics. *Revue des Composites et des Matériaux Avancés*, 32(1).

Abdeldayem, H. M., & Sayed, M. A. (2022). Synthesis and characterization of Ag/Ce1-XBiXZnO composites hosted α - β /Bi2O3 as highly efficient catalysts for degradation of cationic and anionic dyes. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 427, 113773.

Adhikari, A., Lamichhane, L., Adhikari, A., Gyawali, G., Acharya, D., Baral, E. R., & Chhetri, K. (2022). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Artemisia vulgaris Extract and Its Application toward Catalytic and Metal-Sensing Activity. *Inorganics*, 10(8), 113.

Ahmad, S., & Goswami, P. (2014). Application of chitosan beads immobilized Rhodococcus sp. NCIM 2891 cholesterol oxidase for cholestenone production. *Process Biochemistry*, 49(12), 2149-2157.

Ahmed, S.F., Mofijur, M., Nuzhat, S., Chowdhury, A.T., Rafa, N., Uddin, M.A., Inayat, A., Mahlia, T.M.I., Ong, H.C., Chia, W.Y. & Show, P.L. (2021). Recent developments in physical, biological, chemical, and hybrid treatment techniques for removing emerging contaminants from wastewater. *Journal of hazardous materials*, 416, 125912

Ahmed, S.F., Mofijur, M., Parisa, T.A., Islam, N., Kusumo, F., Inayat, A., Le, V.G., Badruddin, I.A., Khan, T.M.Y. & Ong, H.C. (2022). Progress and challenges of contaminate removal from wastewater using microalgae biomass, *Chemosphere*, 286(Pt 1), pp. 131656.

Al Hadidi, L., & Sweity, A. (2022). Evaluation the Efficiency of Subsurface Flow Constructed Wetland (SSF) for Wastewater Treatment and Reuse in Semi-arid Environment. *Journal of Agricultural Studies* , 10(4), 65-87

Alaqarbeh, M., Al-hadidi, L., Hammouti, B., & Bouachrine, M. (2022). Water pollutions: sources and human health impact. A mini-review. *Moroccan Journal of Chemistry*, 10(4), 10-4.

Alayande, S. O., Akinsiku, A. A., Akinsipo, O. B., Ogunji, E. O., & Dare, E. O. (2021). Green synthesized silver nanoparticles and their therapeutic applications. *Comprehensive Analytical Chemistry*, 94, 585-611.

Alghuthaymi, M. A., Diab, A. M., Elzahy, A. F., Mazrou, K. E., Tayel, A. A., & Moussa, S. H. (2021). Green biosynthesized selenium nanoparticles by cinnamon extract and their antimicrobial activity and application as edible coatings with nano-chitosan. *Journal of Food Quality*, 2021.

Alharbi, N. S., Alsubhi, N. S., & Felimban, A. I. (2022). Green synthesis of silver nanoparticles using medicinal plants: characterization and application. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 15(3), 109-124.

Al-Khafaji, M. S., Al-Ani, F. H., & Ibrahim, A. F. (2018). Removal of some heavy metals from industrial wastewater by Lemna minor. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(4), 1077-1082.

Almudhafar, S. M., & Al-Hamdani, M. A. (2022). Antibacterial and Anticancer Effects of Silver Nanoparticles Synthesised using Eragrostis tef and Vitellaria paradoxa Seeds Extract. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 35(2), 132-159.

Alnuaimi, M. T., Aljanabi, Z. Z., Adel, M. M., & Alfahad, M. A. (2022). New trend on antimicrobial activity of green AgNPs from *Trogoderma granarium* larval extract against antibiotic-resistant *Salmonella Typhi*. *Egyptian Journal of Chemistry*. Articles in Press, Accepted Manuscript, Available Online from 11 September 2022. doi: 10.21608/ejchem.2022.142238.6216

Al-Zubaidi, A. M., Abd, M. M., & Al-Bahrani, R. M. (2022). The antagonistic effect of biosynthesized nanoparticles from aqueous extract of *Agaricus bisporus* on some pathogenic plant fungi. *HIV Nursing*, 22(2), 113-115.

APHA, (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association(APHA), Washington, DC.

Atalar, M. N., Baran, A., Baran, M. F., Keskin, C., Aktepe, N., Yavuz, Ö., & İrtegin Kandemir, S. (2022). Economic fast synthesis of olive leaf extract and silver nanoparticles and biomedical applications. *Particulate Science and Technology*, 40(5), 589-597.

Ayyanaar, S., Balachandran, C., Bhaskar, R.C., Kesavan, M.P., Aoki, S., Raja, R.P., Rajesh, J., Webster, T.J. and Rajagopal, G. (2020). ROS-Responsive Chitosan Coated Magnetic Iron Oxide Nanoparticles as Potential Vehicles for Targeted Drug Delivery in Cancer Therapy', *International journal of nanomedicine*, 15, pp. 3333-3346.

Azim, Z., Singh, N. B., Khare, S., Singh, A., Amist, N., & Yadav, R. K. (2022). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Vernonia cinerea* leaf extract and evaluation as nano-nutrient on the growth and development of tomato seedling. *Plant Nano Biology*, 2, 100011.

Balachandar, R., Gurumoorthy, P., Karmegam, N., Barabadi, H., Subbaiya, R., Anand, K., ... & Saravanan, M. (2019). Plant-mediated synthesis, characterization and bactericidal potential of emerging silver nanoparticles using stem extract of *Phyllanthus pinnatus*: a recent advance in phytonanotechnology. *Journal of Cluster Science*, 30(6), 1481-1488.

Balachandar, R., Navaneethan, R., Biruntha, M., Kumar, K. K. A., Govarthanan, M., & Karmegam, N. (2022). Antibacterial activity of silver nanoparticles phytosynthesized from *Glochidion candolleianum* leaves. *Materials Letters*, 311, 131572.

Banerjee P, Satapathy, M., Mukhopahayay, P., Das, P. (2014) Leaf extract mediated green synthesis of silver nanoparticles from widely available Indian plants: synthesis, characterization, antimicrobial property and toxicity analysis.

Bao, Y., He, J., Song, K., Guo, J., Zhou, X., & Liu, S. (2021). Plant-extract-mediated synthesis of metal nanoparticles. *Journal of Chemistry*, 2021.

Bapat, R.A., Chaubal, T.V., Joshi, C.P., Bapat, P.R., Choudhury, H., Pandey, M., Gorain, B. and Kesharwani, P. (2018). An overview of application of silver nanoparticles for biomaterials in dentistry', *Materials Science and Engineering: C*, 91, pp. 881-898.

Barya, M. P., Gupta, D., Thakur, T. K., Shukla, R., Singh, G., & Mishra, V. K. (2020). Phytoremediation performance of *Acorus calamus* and *Canna indica* for the treatment of primary treated domestic sewage through vertical subsurface flow constructed wetlands: a field-scale study. *Water Practice and Technology*, 15(2), 528-539.

Bekissanova, Z., Railean, V., Brzozowska, W., Wojtczak, I., Ospanova, A., Buszewski, B., & Sprynskyy, M. (2022). Synthesis, characterization of silver/kaolinite nanocomposite and studying its antibacterial activity. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 112908.

Bergal, A., Matar, G. H., & Andaç, M. (2022). Olive and green tea leaf extracts mediated green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs): comparison investigation on characterizations and antibacterial activity. *BioNanoScience*, 12(2), 307-321.

Bi, J., Wang, J., Huang, X., Tao, Q., Chen, M., Wang, T., & Hao, H. (2020). Enhanced removal of Pb (II) and organics by titanate in a designed simultaneous process. *Separation and Purification Technology*, 251, 117339.

Birajdar, M. S., Joo, H., Koh, W. G., & Park, H. (2021). Natural bio-based monomers for biomedical applications: a review. *Biomaterials Research*, 25(1), 1-14.

Bouchama, K. (2022). Efficiency of Constructed Wetlands and Wastewater Stabilization Ponds for Wastewater Treatment in Northern Algerian Sahara', in Anonymous *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Hot and Arid Climates*. Springer, pp. 21-42.

Bruna, T., Maldonado-Bravo, F., Jara, P., & Caro, N. (2021). Silver nanoparticles and their antibacterial applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(13), 7202

Cao, C., Huang, J. & Yan, C. (2022). Unveiling changes of microbial community involved in N and P removal in constructed wetlands with exposing to silver nanoparticles", *Journal of hazardous materials*, vol. 432, pp. 128642.

Cao, C., Huang, J., Yan, C. N., Zhang, X. X., & Ma, Y. X. (2021). Impacts of Ag and Ag₂S nanoparticles on the nitrogen removal within vertical flow constructed wetlands treating secondary effluent. *Science of The Total Environment*, 777, 145171.

Chavan, R., & Mutnuri, S. (2021). Domestic wastewater treatment by constructed wetland and microalgal treatment system for the production of value-added products. *Environmental technology*, 42(21), 3304-3317.

Chen, F., Aqeel, M., Maqsood, M.F., Khalid, N., Irshad, M.K., Ibrahim, M., Akhter, N., Afzaal, M., Ma, J., Hashem, M., Alamri, S., Noman, A., & Lam, S.S. (2022). Mitigation of lead toxicity in *Vigna radiata* genotypes by silver nanoparticles, *Environmental Pollution*, 308, pp. 119606.

Choudhary, A., Singh, S., & Ravichandiran, V. (2022). Toxicity, preparation methods and applications of Silver Nanoparticles: an update. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 1-12.

Cui, L., Ouyang, Y., Lou, Q., Yang, F., Chen, Y., Zhu, W., & Luo, S. (2010). Removal of nutrients from wastewater with *Canna indica* L. under different vertical-flow constructed wetland conditions. *Ecological Engineering*, 36(8), 1083-1088.

Danish, M. S. S., Estrella, L. L., Alemaida, I. M. A., Lisin, A., Moiseev, N., Ahmadi, M., Nazari, M.; Wali, M.; Zaheb, H & Senjyu, T. (2021). Photocatalytic applications of metal oxides for sustainable environmental remediation. *Metals*, 11(1), 80.

Datta, A., Singh, H. O., Raja, S. K., & Dixit, S. (2021). Constructed wetland for improved wastewater management and increased water use efficiency in resource scarce SAT villages: a case study from Kothapally village, in India. *International Journal of Phytoremediation*, 23(10), 1067-1076.

Donkadokula, N. Y., Kola, A. K., Naz, I., & Saroj, D. (2020). A review on advanced physico-chemical and biological textile dye wastewater treatment techniques. *Reviews in environmental science and biotechnology*, 19, 543-560.

Durán, N., Nakazato, G., & Seabra, A. B. (2016). Antimicrobial activity of biogenic silver nanoparticles, and silver chloride nanoparticles: an overview and comments. *Applied microbiology and biotechnology*, 100(15), 6555-6570.

Ediviani, W., Priadi, C. R., & Moersidik, S. S. (2018). Nutrient uptake from liquid digestate using ornamental aquatic macrophytes (*Canna indica*, *Iris pseudacorus*, *Typha latifolia*) in a constructed wetland system. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1022, No. 1, p. 012052). IOP Publishing.

Efavi, J.K., Nyankson, E., Kyeremeh, K., Manu, G.P., Asare, K. and Yeboah, N. (2022) 'Monodispersed AgNPs Synthesized from the Nanofactories of *Theobroma cacao* (Cocoa) Leaves and Pod Husk and Their Antimicrobial Activity', *International Journal of Biomaterials*, 2022.

Elbehiry, F.; Alshaal, T.; Elhawat, N.; Elbasiouny, H. (2021). Environmental-Friendly and Cost-Effective Agricultural Wastes for Heavy Metals and Toxicants Removal from Wastewater. In *The Handbook of Environmental Chemistry*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany.

Elsayed, A., Safwat, A., Abdelsattar, A. S., Essam, K., Nofal, R., Makky, S., & El-Shibiny, A. (2022). The antibacterial and biofilm inhibition activity of encapsulated silver nanoparticles in emulsions and its synergistic effect with *E. coli* bacteriophage. *Inorganic and Nano-Metal Chemistry*, 1-11.

Falahi, O. A. A., Abdullah, S. R. S., Hasan, H. A., Othman, A. R., Ewadh, H. M., Al-Baldawi, I. A., Kurniawan, S. B., & Imron, M. F. (2021). Simultaneous removal of ibuprofen, organic material, and nutrients from domestic wastewater through a pilot-scale vertical sub-surface flow constructed wetland with aeration system. *Journal of Water Process Engineering*, *43*, 102214.

Fiorati, A., Bellingeri, A., Punta, C., Corsi, I., & Venditti, I. (2020). Silver nanoparticles for water pollution monitoring and treatments: ecosafety challenge and cellulose-based hybrids solution. *Polymers*, *12*(8), 1635.

Ghezali, K., Bentahar, N., Barsan, N., Nedeff, V., & Moşneguţu, E. (2022). Potential of *Canna indica* in Vertical Flow Constructed Wetlands for Heavy Metals and Nitrogen Removal from Algiers Refinery Wastewater. *Sustainability*, *14*(8), 4394.

Gruyer, N., Dorais, M., Bastien, C., Dassylva, N., & Triffault-Bouchet, G. (2013). Interaction between silver nanoparticles and plant growth. In International Symposium on New Technologies for Environmental Control, Energy-Saving and Crop Production in Greenhouse and Plant 1037 (pp. 795-800).

Gupta, S. D., Agarwal, A., & Pradhan, S. (2018). Phytostimulatory effect of silver nanoparticles (AgNPs) on rice seedling growth: An insight from antioxidative enzyme activities and gene expression patterns. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *161*, 624-633.

Haghnazar, H., Johannesson, K. H., González-Pinzón, R., Pourakbar, M., Aghayani, E., Rajabi, A., & Hashemi, A. A. (2022). Groundwater geochemistry, quality, and pollution of the largest lake basin in the Middle East: Comparison of PMF and PCA-MLR receptor models and application of the source-oriented HHRA approach. *Chemosphere*, 288, 132489.

Hariani, P. L., Faizal, M., Ridwan, R., Marsi, M., & Setiabudidaya, D. (2013). Synthesis and properties of Fe₃O₄ nanoparticles by co-precipitation method to removal procion dye. *International Journal of Environmental Science and Development*, 4(3), 336-340.

Haridas, E. S., Bhattacharya, S., Varma, M. K., & Chandra, G. K. (2022). Green synthesis of eco-friendly silver nanoparticles using Coffee arabica leaf extract and development of a cost-effective biosensor for cysteine. *arXiv preprint arXiv:2209.03823*.

He, B., Tan, J. J., Liew, K. Y., & Liu, H. (2004). Synthesis of size controlled Ag nanoparticles. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 221(1-2), 121-126.

Homaee B., M., Ehsanpour, A. A. (2015). Physiological and biochemical responses of potato (*Solanum tuberosum*) to silver nanoparticles and silver nitrate treatments under in vitro conditions. *Indian Journal of Plant Physiology*, 20(4), 353-359.

Huang, J., Cao, C., Liu, J., Yan, C., & Xiao, J. (2019). The response of nitrogen removal and related bacteria within constructed wetlands after long-term treating wastewater containing environmental concentrations of silver nanoparticles. *Science of The Total Environment*, 667, 522-531.

Huang, J., Cao, C., Yan, C., Liu, J., Hu, Q., Guan, W. (2017). Impacts of silver nanoparticles on the nutrient removal and functional bacterial community in vertical subsurface flow constructed wetlands. *Bioresource technology*, 243, 1216-1226.

Huang, J., Xiao, J., Chen, M., Cao, C., Yan, C., Ma, Y., Huang, M. and Wang, M. (2019). Fate of silver nanoparticles in constructed wetlands and its influence on performance and microbiome in the ecosystems after a 450-day exposure, *Bioresource technology*, 281, pp. 107-117.

Huston, M., DeBella, M., DiBella, M., & Gupta, A. (2021). Green synthesis of nanomaterials. *Nanomaterials*, 11(8), 2130.

Ijaz, I., Gilani, E., Nazir, A., & Bukhari, A. (2020). Detail review on chemical, physical and green synthesis, classification, characterizations and applications of nanoparticles. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 13(3), 223-245.

Irshad, M. A., Nawaz, R., ur Rehman, M. Z., Adrees, M., Rizwan, M., Ali, S., ... & Tasleem, S. (2021). Synthesis, characterization and advanced sustainable applications of titanium dioxide nanoparticles: A review. *Ecotoxicology and Environmental safety*, 212, 111978.

Jadoun, S., Arif, R., Jangid, N. K., & Meena, R. K. (2021). Green synthesis of nanoparticles using plant extracts: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 19(1), 355-374.

Jain, K., Patel, A. S., Pardhi, V. P., & Flora, S. J. S. (2021). Nanotechnology in wastewater management: a new paradigm towards wastewater treatment. *Molecules*, 26(6), 1797.

Jamwal, P., Raj, A.V., Raveendran, L., Shirin, S., Connelly, S., Yeluripati, J., Richards, S., Rao, L., Helliwell, R. and Tamburini, M. (2021). Evaluating the performance of horizontal sub-surface flow constructed wetlands: A case study from southern India, *Ecological Engineering*, 162, pp. 106170.

Jangid, P., & Inbaraj, M. P. (2021). Applications of nanomaterials in wastewater treatment. *Materials Today: Proceedings*, 43, 2877-2881.

Jebril, S., Fdhila, A., & Dridi, C. (2021). Nanoengineering of eco-friendly silver nanoparticles using five different plant extracts and development of cost-effective phenol nanosensor. *Scientific Reports*, 11(1), 1-11.

John, M. S., Nagoth, J. A., Ramasamy, K. P., Mancini, A., Giuli, G., Miceli, C., & Pucciarelli, S. (2022). Synthesis of Bioactive Silver Nanoparticles Using New Bacterial Strains from an Antarctic Consortium. *Marine drugs*, 20(9), 558.

Karungame, P. N. (2022). Potential of *Canna indica* in Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: A Review. *Conservation*, 2(3), 499-513.

Keshari, A. K., Srivastava, R., Singh, P., Yadav, V. B., & Nath, G. (2020). Antioxidant and antibacterial activity of silver nanoparticles synthesized by *Cestrum nocturnum*. *Journal of Ayurveda and integrative medicine*, 11(1), 37-44.

Kestioğlu, K., Yonar, T. & Azbar, N. (2005). Feasibility of physico-chemical treatment and Advanced Oxidation Processes (AOPs) as a means of pretreatment of olive mill effluent (OME), *Process Biochemistry*, 40(7), pp. 2409-2416.

Khan, M. Z. H., Tarek, F. K., Nuzat, M., Momin, M. A., & Hasan, M. R. (2017). Rapid biological synthesis of silver nanoparticles from *Ocimum sanctum* and their characterization. *Journal of Nanoscience*, 2017.

Khan, N. A., El Morabet, R., Khan, R. A., Ahmed, S., Dhingra, A., Alsubih, M., & Khan, A. R. (2020). Horizontal sub surface flow Constructed Wetlands coupled with tubesettler for hospital wastewater treatment. *Journal of environmental management*, 267, 110627.

Khan, S. T., & Malik, A. (2019). Engineered nanomaterials for water decontamination and purification: From lab to products. *Journal of hazardous materials*, 363, 295-308.

Khmara, I., Strbak, O., Zavisova, V., Koneracka, M., Kubovcikova, M., Antal, I., Kavecansky, V., Lucanska, D., Dobrota, D. and Kopcansky, P. (2019). Chitosan-stabilized iron oxide nanoparticles for magnetic resonance imaging, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 474, pp. 319-325.

Khorrami, S., Zarrabi, A., Khaleghi, M., Danaei, M., & Mozafari, M. R. (2018). Selective cytotoxicity of green synthesized silver nanoparticles against the MCF-7 tumor cell line and their enhanced antioxidant and antimicrobial properties. *International journal of nanomedicine*, 13, 8013-8024.

Khshan, K.T. & Alkafaje, H.A. (2021) 'Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using *Calendula officinalis* (L.) Extract and Evaluating their Antioxidant Activity', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* IOP Publishing, pp. 012073.

Kılıç, Z. (2021). Water pollution: causes, negative effects and prevention methods. *Istanbul Journal of Istanbul Sabahattin Zaim University Natural Sciences Institute (JIZUNSI)*. 3 (2) , 129-132 .

Kim, J. S., Kuk, E., Yu, K. N., Kim, J. H., Park, S. J., Lee, H. J., Jeong, D.H., Cho, M. H. (2007). Antimicrobial effects of silver nanoparticles. *Nanomedicine: Nanotechnology, biology and medicine*, 3(1), 95-101.

Kiran, S., Ashraf, A., Rahmat, M., Afzal, G., Abrar, S., & Asif, S. (2022). Green synthesis of magnesium oxide nanoparticles using leaves of *Iresine herbstii* for remediation of reactive brown 9 dye. *Global NEST Journal*, 24, 1-6.

Kumar, B. A., Ahmed, N., & Jamal, S. (2022). Biosynthesis and Characterization of Silver Nanoparticles (AgNPs) using the purified protein from Jack fruit seeds and its effects on HeLa, cervical cancer cell line. Research Square. PREPRINT (Version 1) available at Research Square [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2020372/v1>]

Kumar, J. A., Krithiga, T., Manigandan, S., Sathish, S., Renita, A. A., Prakash, P., ... & Crispin, S. (2021). A focus to green synthesis of metal/metal based oxide nanoparticles: Various mechanisms and applications towards ecological approach. *Journal of Cleaner Production*, 324, 129198.

Kumar, S.A., Jarvin, M., Inbanathan, S., Umar, A., Lalla, N., Dzade, N.Y., Algadi, H., Rahman, Q.I. and Baskoutas, S. (2022). Facile green synthesis of magnesium oxide nanoparticles using tea (*Camellia sinensis*) extract for efficient photocatalytic degradation of methylene blue dye', *Environmental Nanotechnology & Innovation*, 28, pp. 102746.

Kumar, V., Jaiswal, K.K., Verma, M., Vlaskin, M.S., Nanda, M., Chauhan, P.K., Singh, A. & Kim, H. (2021). Algae-based sustainable approach for simultaneous removal of micropollutants, and bacteria from urban wastewater and its real-time reuse for aquaculture, *Science of The Total Environment*, 774, pp. 145556.

Latif, H. H., Ghareib, M., Tahon, M. A. (2017). Phytosynthesis of silver nanoparticles using leaf extracts from *Ocimum basilicum* and *Mangifera indica* and their effect on some biochemical attributes of *Triticum aestivum*. *Gesunde Pflanzen*, 69(1), 39-46.

Li, W., Qu, F., Chen, Y., Sun, Y., Zhang, J., Xie, G., ... & Xu, H. (2021). Antimicrobial activity of silver nanoparticles synthesized by the leaf extract of *Cinnamomum camphora*. *Biochemical Engineering Journal*, 172, 108050.

Ling, T.C. & Chan, S.S, (2022). An evaluation of heavy metal removal from wastewater using algae nanocellulose as a sustainable approach. In: The 6th Postgraduate Colloquium In Environmental Research, 9-11 June 2022, Kedah, Malaysia. (Unpublished)

Losasso, C., Belluco, S., Cibin, V., Zavagnin, P., Mičetić, I., Gallochio, F., Ricci, A. (2014). Antibacterial activity of silver nanoparticles: sensitivity of different *Salmonella* serovars. *Frontiers in microbiology*, 5, 227.

Maduray, K., Moodley, R., Ramdhani, S., & Parboosing, R. (2022). The anti-HIV activity of biogenic silver nanoparticles synthesized from *Centella asiatica* extracts. *Journal of Herbal Medicine*, 35, 100592.

Maiese, K., Daniela Morhan, S., Zhong Chong, Z. (2007). Oxidative stress biology and cell injury during type 1 and type 2 diabetes mellitus. *Current neurovascular research*, 4(1), 63-71.

Malik, S., Dhasmana, A., Preetam, S., Mishra, Y. K., Chaudhary, V., Bera, S. P., ... & Rajput, V. D. (2022). Exploring Microbial-Based Green Nanobiotechnology for Wastewater Remediation: A Sustainable Strategy. *Nanomaterials*, 12(23), 4187.

Mallikarjuna, K., Narasimha, G., Dillip, G. R., Praveen, B., Shreedhar, B., Lakshmi, C. S., , Reddy, B. V. S., Raju, B. D. P. (2011). Green synthesis of silver nanoparticles using Ocimum leaf extract and their characterization. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 6(1), 181-186.

Marambio-Jones, C., & Hoek, E. (2010). A review of the antibacterial effects of silver nanomaterials and potential implications for human health and the environment. *Journal of nanoparticle research*, 12(5), 1531-1551.

Marin, S., Mihail Vlasceanu, G., Elena Tiplea, R., Raluca Bucur, I., Lemnaru, M., Minodora Marin, M., & Mihai Grumezescu, A. (2015). Applications and toxicity of silver nanoparticles: a recent review. *Current topics in medicinal chemistry*, 15(16), 1596-1604.

Mohammed, A., Mohamed, A., El-Naggar, N.E., Mahrous, H., Nasr, G.M., Abdella, A., Ahmed, R.H., Irmak, S., Elsayed, M.S. and Selim, S. Elkelish, A.; Alkhalifah, D.H.M.; Hozzein, W.N. & Ali, A.S (2022). Antioxidant and Antibacterial Activities of Silver Nanoparticles Biosynthesized by *Moringa oleifera* through Response Surface Methodology, *Journal of Nanomaterials*, 2022. 1-15.

Moossa, P. P., Thulasi, V., Raji, P., & Prajesh, M. T., (2015). Exploration of plant biodiversity for nutrient harvesting. *International Journal of Environmental and Agricultural Research*, 1(8): 12–16.

Mughal, B., Zaidi, S. Z. J., Zhang, X., & Hassan, S. U. (2021). Biogenic nanoparticles: Synthesis, characterisation and applications. *Applied Sciences*, 11(6), 2598.

Nasri, N., Rusli, A., Teramoto, N., Jaafar, M., Ishak, K. M. K., Shafiq, M. D., & Hamid, Z. A. A. (2022). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles by using turmeric extract and chitosan mixture. *Materials Today: Proceedings*, 66, 3044-3048.

Nawabjohn, M. S., Sivaprakasam, P., Anandasadagopan, S. K., Begum, A. A., & Pandurangan, A. K. (2021). Green synthesis and characterisation of silver nanoparticles using Cassia tora seed extract and investigation of antibacterial potential. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 1-15.

Nazir, S., & Wani, I. A. (2021). Physicochemical characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.) seeds. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 22, 100295.

Nel, A. E., Mädler, L., Velegol, D., Xia, T., Hoek, E., Somasundaran, P., Klaessig, F., Castranova, V., Thompson, M. (2009). Understanding biophysicochemical interactions at the nano–bio interface. *Nature materials*, 8(7), 543-557.

Nowack, B., Krug, H. F., & Height, M. (2011). 120 years of nanosilver history: implications for policy makers. *Environmental Science & Technology*, 45 (4), 1177-1183.

Olga, M., Jana, M., Anna, M., Irena, K., Jan, M., & Alena, Č. (2022). Antimicrobial properties and applications of metal nanoparticles biosynthesized by green methods. *Biotechnology Advances*, 107905.

Pandey, S., & Bhandari, M., (2021). Hidden Potential of *Canna Indica*—Anamazing Ornamental Herb. *International Journal of Technical Research & Science* (Special Issue), ISSN No.:2454-2024 (online). 112-118.

Pawar, C. A., Sharma, A. K., Prasad, N. R., Suryawanshi, S. S., Nazeruddin, G. M., Shaikh, V. S., ... & Shaikh, Y. I. (2022). A comparative study on anti-microbial efficacies of biologically synthesized nano gold using *Bos taurus indicus* urine with pharmaceutical drug sample. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5, 100311.

Pearce, A. K., Wilks, T. R., Arno, M. C., & O'Reilly, R. K. (2021). Synthesis and applications of anisotropic nanoparticles with precisely defined dimensions. *Nature Reviews Chemistry*, 5(1), 21-45.

Perveen, R., Shujaat, S., Naz, M., Qureshi, M.Z., Nawaz, S., Shahzad, K. and Ikram, M. (2021) 'Green synthesis of antimicrobial silver nanoparticles with Brassicaceae seeds', *Materials Research Express*, 8(5), pp. 055007.

Pinninti, R., Kasi, V., Sallangi, L. P., Landa, S. R., Rathinasamy, M., Sangamreddi, C., & Dandu Radha, P. R. (2022). Performance of *Canna Indica* based microscale vertical flow constructed wetland under tropical conditions for domestic wastewater treatment. *International Journal of Phytoremediation*, 24(7), 684-694.

Pinninti, R., Kasi, V., Sallangi, L.K.S.V.P., Landa, S.R., Rathinasamy, M., Sangamreddi, C. and Dandu Radha, P.R. (2021) 'Performance of *Canna Indica* based microscale vertical flow constructed wetland under tropical conditions for domestic wastewater treatment', *International Journal of Phytoremediation*, 23, pp. 1-11.

Rafique, M., Tahir, R., Gillani, S. S. A., Tahir, M. B., Shakil, M., Iqbal, T., & Abdellahi, M. O. (2022). Plant-mediated green synthesis of zinc oxide nanoparticles from *Syzygium Cumini* for seed germination and wastewater purification. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 102(1), 23-38.

Rakib-Uz-Zaman, S. M., Hoque Apu, E., Muntasir, M. N., Mowna, S. A., Khanom, M. G., Jahan, S. S., ... & Khan, K. (2022). Biosynthesis of silver nanoparticles from *Cymbopogon citratus* leaf extract and evaluation of their antimicrobial properties. *Challenges*, 13(1), 18.

Ramkumar, V. S., Pugazhendhi, A., Gopalakrishnan, K., Sivagurunathan, P., Saratale, G. D., Dung, T. N. B., & Kannapiran, E. (2017). Biofabrication and characterization of silver nanoparticles using aqueous extract of seaweed *Enteromorpha compressa* and its biomedical properties. *Biotechnology reports*, 14, 1-7.

Ramzan, M., Raza, S. A., Usman, M., Sharma, G. D., & Iqbal, H. A. (2022). Environmental cost of non-renewable energy and economic progress: do ICT and financial development mitigate some burden?. *Journal of Cleaner Production*, 333, 130066.

Rao, Y. S., Kotakadi, V. S., Prasad, T. N. V. K. V., Reddy, A. V., & Gopal, D. S. (2013). Green synthesis and spectral characterization of silver nanoparticles from Lakshmi tulasi (*Ocimum sanctum*) leaf extract. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 103, 156-159.

Riaz, M., Khan, N., Khan, S. A., Ahmad, Z., Khan, M. A., Iqbal, M., & Khan, S. B. (2022). Enhanced catalytic reduction/degradation of organic pollutants and antimicrobial activity with metallic nanoparticles immobilized on copolymer modified with NaY zeolite films. *Journal of Molecular Liquids*, 359, 119246.

Rodriguez, S., Torres, F. G., Arroyo, J., Gonzales, K. N., Troncoso, O. P., & López, D. (2020). Synthesis of highly stable κ/ι -hybrid carrageenan micro- and nanogels via a sonication-assisted microemulsion route. *Polymers from Renewable Resources*, 11(3-4), 69-82.

Rudisirisak, K., & Ngowattana, N. (2019). Artificial paper from puttaraksa (*canna indica*) and plubplueng (*crinum asiaticum*). *International Journal of GEOMATE* 16(55), 105-112.

Rudrappa, M., Rudayni, H. A., Assiri, R. A., Bepari, A., Basavarajappa, D. S., Nagaraja, S. K., Chakraborty, B., Swamy, P. S., Agadi, S. N., Niazi, S. K., & Nayaka, S. (2022). *Plumeria alba*-Mediated Green Synthesis of Silver Nanoparticles Exhibits Antimicrobial Effect and Anti-Oncogenic Activity against Glioblastoma U118 MG Cancer Cell Line. *Nanomaterials*, 12(3), 493.

Sandoval, L., Zamora-Castro, S. A., Vidal-Álvarez, M., & Marín-Muñiz, J. L. (2019). Role of wetland plants and use of ornamental flowering plants in constructed wetlands for wastewater treatment: A review. *Applied Sciences*, 9(4), 685.

Sankaran, R., Show, P. L., Ooi, C. W., Ling, T. C., Shu-Jen, C., Chen, S. Y., & Chang, Y. K. (2020). Feasibility assessment of removal of heavy metals and soluble microbial products from aqueous solutions using eggshell wastes. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 22(4), 773-786.

Sankareswari, M., Amutha, C., Vasantha, V. S., Arunpandian, M., & Nagarajan, E. R. (2022). Biosynthesized silver nanoparticles using Rosary Pea seed Extract: Evaluation of Antibacterial, cytotoxic and photocatalytic activity. *Inorganic Chemistry Communications*, 145, 109977.

Saravanan, A., Kumar, P. S., Karishma, S., Vo, D. V. N., Jeevanantham, S., Yaashikaa, P. R., & George, C. S. (2021). A review on biosynthesis of metal nanoparticles and its environmental applications. *Chemosphere*, 264, 128580.

Schwanke, A. J., Balzer, R., & Pergher, S. (2017). Microporous and mesoporous materials from natural and inexpensive sources. *Handbook of ecomaterials*, 1-22.

Shafaghat, A. (2015). Synthesis and characterization of silver nanoparticles by phytosynthesis method and their biological activity. *Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic, and Nano-Metal Chemistry*, 45(3), 381-387.

Shameli, K., Ahmad, M. B., Shabanzadeh, P., Jaffar Al-Mulla, E. A., Zamanian, A., Abdollahi, Y., Jazayeri, S. D., Eili, M., Jalilian. F. A., Haroun, R. Z. (2014). Effect of *Curcuma longa* tuber powder extract on size of silver nanoparticles prepared by green method. *Research on Chemical Intermediates*, 40(3), 1313-1325.

Sharma, A., Nagraik, R., Sharma, S., Sharma, G., Pandey, S., Azizov, S., Chauhan, K & Kumar, D. (2022). Green synthesis of ZnO nanoparticles using *Ficus palmata*: Antioxidant, antibacterial and antidiabetic studies. *Results in Chemistry*, 4, 100509.

Sharma, K., Guleria, S., & Razdan, V. K. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles using *Ocimum gratissimum* leaf extract: characterization, antimicrobial activity and toxicity analysis. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 29(2), 213-224.

Singh, A., Gautam, P. K., Verma, A., Singh, V., Shivapriya, P. M., Shivalkar, S., Sahoo A. K., & Samanta, S. K. (2020). Green synthesis of metallic nanoparticles as effective alternatives to treat antibiotics resistant bacterial infections: A review. *Biotechnology Reports*, 25, e00427.

Singh, S., Arkoti, N. K., Verma, V., & Pal, K. (2022). Nanomaterials and Their Distinguishing Features. In *Nanomaterials for Advanced Technologies* (pp. 1-18). Springer, Singapore.

Sobczak-Kupiec, A., Malina, D., Wzorek, Z., & Zimowska, M. (2011). Influence of silver nitrate concentration on the properties of silver nanoparticles. *Micro & Nano Letters*, 6(8), 656-660.

Sontakke, A. D., Mondal, P., & Purkait, M. K. (2022). Green Synthesis of Metallic Nanoparticles for Biofuel Production. In *Green Nano Solution for Bioenergy Production Enhancement* (pp. 51-77). Springer, Singapore.

Stottmeister, U., Wießner, A., Kusch, P., Kappelmeyer, U., Kästner, M., Bederski, O., Müller, R.A & Moormann, H. (2003). Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. *Biotechnology advances*, 22(1-2), 93-117.

Subhapriya, S., & Gomathipriya, P. (2018). Green synthesis of titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles by *Trigonella foenum-graecum* extract and its antimicrobial properties. *Microbial pathogenesis*, 116, 215-220.

Subhashini, V., & Swamy, A. V. V. S. (2014). Phytoremediation of metal (Pb, Ni, Zn, Cd and Cr) contaminated soils using *Canna indica*. *Current World Environment*, 9(3), 780.

Suganya, M., Preethi, P.S., Narenkumar, J., Prakash, A.A., Devanesan, S., AlSalhi, M.S., Rajasekar, A. and Nanthini, A.U.R. (2022) nthesis of silver nanoparticles from Indian red yeast rice and its inhibition of biofilm in copper metal in cooling water environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-9.

Sundaravadivel, M., & Vigneswaran, S. (2001). Constructed wetlands for wastewater treatment. *Critical reviews in environmental science and technology*, 31(4), 351-409.

Swarnakar, A. K., Bajpai, S., & Ahmad, I. (2022). Various Types of Constructed Wetland for Wastewater Treatment-A Review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1032, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.

Thakur, A., Thakur, P., & Khurana, S. P. (Eds.). (2022). *Synthesis and Applications of Nanoparticles*. Springer Nature.

Troncoso, O. P., & Torres, F. G. (2020). Bacterial cellulose—graphene based nanocomposites. *International journal of molecular sciences*, 21(18), 6532.

Tsai, Y. C., Chen, S. Y., & Lee, C. A. (2008). Amperometric cholesterol biosensors based on carbon nanotube–chitosan–platinum–cholesterol oxidase nanobiocomposite. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 135(1), 96-101.

Unsoy, G., Yalcin, S., Khodadust, R., Gunduz, G., & Gunduz, U. (2012). Synthesis optimization and characterization of chitosan-coated iron oxide nanoparticles produced for biomedical applications. *Journal of Nanoparticle Research*, 14(11), 1-13.

Vijayakumar, N., Bhuvaneshwari, V. K., Ayyadurai, G. K., Jayaprakash, R., Gopinath, K., Nicoletti, M., Saud, A., & Govindarajan, M. (2022). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Anoectochilus elatus*, and their biomedical applications. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(4), 2270-2279.

Vymazal, J. (2020). Removal of nutrients in constructed wetlands for wastewater treatment through plant harvesting—Biomass and load matter the most. *Ecological Engineering*, 155, 105962.

Waifalkar, P. P., Chougale, A. D., Kollu, P., Patil, P. S., & Patil, P. B. (2018). Magnetic nanoparticle decorated graphene based electrochemical nanobiosensor for H₂O₂ sensing using HRP. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 167, 425-431.

Wu, Y., He, T., Chen, C., Fang, X., Wei, D., Yang, J., Zhang, R., & Han, R. (2019). Impacting microbial communities and absorbing pollutants by *canna indica* and *cyperus alternifolius* in a full-scale constructed wetland system. *International journal of environmental research and public health*, 16(5), 802.

Xiaohong, L. I. U., Juan, W. A. N. G., Lingli, W. U., Zhang, L., & Youbin, S. I. (2021). Impacts of silver nanoparticles on enzymatic activities, nitrifying bacteria, and nitrogen transformation in soil amended with ammonium and nitrate. *Pedosphere*, 31(6), 934-943.

Xu, K., Zou, X., Xue, Y., Qu, Y., & Li, Y. (2021). The impact of seasonal variations about temperature and photoperiod on the treatment of municipal wastewater by algae-bacteria system in lab-scale. *Algal Research*, 54, 102175

Xue, J., & Luo, Y. (2021). Properties and applications of natural dendritic nanostructures: Phytyglycogen and its derivatives. *Trends in Food Science & Technology*, 107, 432-444.

Yang, C., Zhang, X., Tang, Y., Jiang, Y., Xie, S., Zhang, Y., & Qin, Y. (2022). Selection and optimization of the substrate in constructed wetland: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 49, 103140.

Yassin, M. T., Mostafa, A. A. F., Al-Askar, A. A., & Al-Otibi, F. O. (2022). Synergistic antibacterial activity of green synthesized silver nanomaterials with colistin antibiotic against multidrug-resistant bacterial pathogens. *Crystals*, 12(8), 1057.

Yin, I. X., Zhang, J., Zhao, I. S., Mei, M. L., Li, Q., & Chu, C. H. (2020). The antibacterial mechanism of silver nanoparticles and its application in dentistry. *International journal of nanomedicine*, 15, 2555-2566.

Yoncheva, K., Benbassat, N., Zaharieva, M. M., Dimitrova, L., Kroumov, A., Spassova, I., ... & Najdenski, H. M. (2021). Improvement of the antimicrobial activity of oregano oil by encapsulation in chitosan—Alginate nanoparticles. *Molecules*, 26(22), 7017.

Zahmatkesh, S., Rezakhani, Y., Arabi, A., Hasan, M., Ahmad, Z., Wang, C., Sillanpää, M., Al-Bahrani, M., & Ghodrati, I. (2022). An approach to removing COD and BOD based on polycarbonate mixed matrix membranes that contain hydrous manganese oxide and silver nanoparticles: A novel application of artificial neural network based simulation in MATLAB. *Chemosphere*, 308, 136304.

Zaki, A., Aziz, M.N., Ahmad, R., Ahamad, I., Ali, M.S., Yasin, D., Afzal, B., Ali, S.M., Chopra, A. and Hadda, V. (2022) 'Synthesis, purification and characterization of Plectonema derived AgNPs with elucidation of the role of protein in nanoparticle stabilization', *RSC Advances*, 12(4), pp. 2497-2510.

Zhang, J., Yin, X., Ye, Z., Chen, L., Liu, L., Wang, X., Zhua, Y., Fujita, T., & Wei, Y. (2022). Synthesis of Novel Hierarchical Rod-like Mg–Al bimetallic oxides for enhanced removal of uranium (VI) from wastewater. *Chemosphere*, 308, 136546.

Zhu, F. (2021). Polysaccharide based films and coatings for food packaging: Effect of added polyphenols. *Food Chemistry*, 359, 129871.

Zulfiqar, H., Amjad, M. S., Mehmood, A., Mustafa, G., Binish, Z., Khan, S., Arshad, H., Proćków, J., & Pérez de la Lastra, J. M. (2022). Antibacterial, Antioxidant, and Phytotoxic Potential of Phytosynthesized Silver Nanoparticles Using *Elaeagnus umbellata* Fruit Extract. *Molecules*, 27(18), 5847.

Summary

Silver nanoparticles (AgNPs) have attracted a lot of attention due to their effective antibacterial activity. AgNPs are one of the most widely used types of nanomaterials for medical purposes due to their small size and large surface area. As a result of the expansion of the use of products containing AgNPs, it is inevitable that the concentrations will increase. AgNPs in the natural environment, which raises many questions regarding their environmental behaviors. In general, AgNPs from medical and consumer products and sources accumulate in wastewater treatment plants, and the sewage system is a major source of AgNPs release into the environment. AgNPs participate in a wide range of physical, chemical, and biological reactions after their introduction into the sewage system and during the treatment of wastewater and sludge.

In the current study, a sustainable, environmental friendly, and economically low-cost wastewater treatment system was designed, which is the constructed wetland system, which is one of the most recent methods of treating wastewater using a plant that is widely available globally and grows in a variety of environmental conditions and is not an economic plant, which is *Cana indica*. For the purpose of reducing nutrient concentrations such as nitrogen and phosphorous compounds, as well as to study the effect of this system on the density and quality of the bacterial community in these polluted waters.

The effect of biosynthetic AgNPs from basil (*Ocimum basilicum* L.) seed extract on nutrient removal, microbial communities and some botanical traits of (*Canna indica*) in constructed wetlands (CWs) with free flow (vertical surface) was investigated, in addition to showing the effect of this. On the characteristics of the wastewater used, such as pH, EC, DO, BOD₅, the biosynthesized silver nanoparticles were characterized using UV-VIS, FTIR, SEM and XRD examinations. Secondary and carboxylic acids, terminal alkenes, acetyles,

isothiocyanates, aromatic ethers, aromatic rings of monosubstituted benzene and alkynes. SEM examination found that the shape of the particles is cubic, regular in shape, non-clumping. As for the XRD examination, it showed that the average particle size, according to the sparks equation, was 33.733 nm. The diffraction angles formed a cubic crystal system. The synthesis conditions such as pH, water content of the extract, concentration of silver nitrate and active substances in basil seeds are responsible for the shape and size of silver nanoparticles, and the shape, size and active materials of AgNPs are responsible for the efficiency of wastewater treatment and antibacterial activity.

After the system of wetlands planted with banana plant (*Canna indica*) was constructed and irrigated with liquefied water for a period of 20 days to stabilize the system, it was irrigated with sewage water with three concentrations of silver nanoparticles (AgNPs) (0.1, 5, and 10) μL^{-1} , along with control without any addition of AgNPs, the results showed that the pH was moderate in all concentrations and it was the lowest value

For EC, NH_3 , NO_3 , NO_2 , TP, and PO_4 at a concentration of 10 μL^{-1} , and the lowest value for DO and BOD_5 at a concentration of 5 μL^{-1} of silver nanoparticles, this may be due to the ability of the silver nanoparticles and their large surface area to hold nutrients, and the results were significant and it was found that there is a positive correlation Very strong between TP, PO_4 , NO_3 , NO_2 and NH_3 , while the concentrations were fluctuating in the first weeks between high and low, perhaps due to the instability of the system, while the characteristics of the plant were the highest value of plant length, number of offspring, and the highest concentration of the enzyme peroxidase POD at a concentration of 10 μL^{-1} The highest value for the number of leaves and chlorophyll at a concentration of 5 μL^{-1} . The results were significant for the POD enzyme and the number of plant residues. This indicates that the presence of silver nanoparticles promotes the growth of plants as they work to capture the

nutrients present in the wastewater to be available to the plants. Studying the effect of silver nanoparticles on four types of coliform bacteria: *Klebsella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, and *Salmonella Enteritdts*. The results were that the silver nanoparticles prevented the growth of three types of coliform bacteria, namely *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, and *Enterobacter cloacae*, affected the growth of *Salmonella Enteritdts*, but did not prevent their appearance in all concentrations of silver nanoparticles. Silver nanoparticles affected the total number of coliform bacteria, where the lowest number of coliform bacteria was at concentration $10 \mu.L^{-1}$. This is due to the ability of silver nanoparticles (AgNPs) to act as an antibacterial agent and its ability to rupture cell walls and stop cell work. It was found that there was a very strong negative significant correlation between the number of quantitative coliform bacteria, BOD₅, and positive EC.

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education & Scientific Research
University of Babylon - College of Science
Department of Biology



Effect of biosynthesized silver nanoparticles from *Ocimum basilicum* seeds on constructed wetland system.

A Thesis

*Submitted to the Council of College of Science / University of Babylon as a Partial
Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in
Biology - Ecology*

By

Zainab Ali Muhsin Azez

B.Sc in Ecology (2018 – 2019)

Supervised by

Prof.

Dr. Jasim Mohammed Salman

Assist. Prof.

Dr. Bassam Mousa Al-Yaseen

2023A.D

1444 A.H