جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة كربلاء
كلية التربية للعلوم الصرفة - قسم علوم الحياة

تأثير طريقة الإضافة لمستويات مختلفة من الحديد المعدني والنانوي المخلبي في بعض المؤشرات الفسلجية والكيموحيوية والتشريحية لنبات المورينجا أوليفيرا *Moringa oleifera* Lam.

إطروحة مقدَّمة الى
مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة/ جامعة كربلاء وهي جزء من
متطلبات نيل درجة الدكتوراه فلسفة في علوم الحياة-علم النبات

من الطالب
جواد كاظم عبيد الحجيري
بكالوريوس تربية-علوم حياة 2001
ماجستير علوم حياة-علم النبات / جامعة كربلاء 2013

بإشراف

الأستاذ الدكتور
عبدعون هاشم علوان الغانمي

الأستاذ المساعد الدكتورة
نيبال إمطير طراد الكرعاوي

جمادى الأول
1442 هـ

كانون الأول
2020 م

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ (25) ﴾

صدق الله العلي العظيم

سورة الحديد / الآية 25

الإهـــداء

* إلى نور العالمين وسيد الأولين والآخرين إمام المتقين خاتم النبيين المرسلين محمد إبن عبدالله .... صلوات الله وسلامه عليه وعلى آله الطيبين الطاهرين.

*إلى بسمة الأمل وبحر الحنان المتدفق في عروقي ... إلى أغلى ما في الوجود ... إلى اللذين يلازمني دعاؤهما بأستمرار ... والدي ووالدتي أطال الله عمرهم .

*إلى من هم أقرب أليّ من روحي ... إلى من شاركوني حضن الأم وبهم أستمد عزتي و إصراري ... أخوتي و أخواتي حباً وأعتزازاً .

*إلى من شجعني في رحلتي إلى التميّز والنجاح ... قدوتي عمي الأستاذ الدكتور علي عبيد الحجيري حفظه الله .

*إلى القلب الذي وسع مراكب همومي بأمواج عطفها وحنانها وصبرها ليضئ لي طريق المستقبل ..... زوجتي حبا" وتقديرا"

*إلى من أتشوَّق لأن أرى مستقبلهم المشرق بإذن الله..... أطفالي أسراء وفاطمة و محمد وجنى .

*إلى كل من أحبهم ويسرّهم نجاحي ولا يسعني المقام لذكرهم ... أصدقائي جميعهم وفقهم الله .

أهدي ثمرة جهدي المتواضع هذا وفاءً وعرفاناً

الباحث

جواد الحجيري

شكـر و تـقديـــر

الحمدلله الذي نفتتح الثناء بحمده والذي نعجز عن ذكر فضائل نعمائه ، الحمدلله الذي لا يحمد إلا سواه صاحب الفضل والكرم الذي أكرمني برحمته وأعانني بقوته على أتمام أطروحتي .. والصلاة والسلام على خير الأنام رسول الله محمد صلى الله عليه وعلى آله وسلم . وتثميناً للجهود التي أسهمت في أنجاز هذه الإطروحة أتوجه بعظيم شكري وتقديري إلى المشرفين الأستاذ الدكتور عبدعون هاشم الغانمي والأستاذ المساعد الدكتورة نيبال إمطير الكرعاوي لما قدماه لي من توجيهات علمية سديدة والمتابعة المتواصلة طيلة مدة البحث . كما أتقدم بالشكر والتقدير الى الأستاذ الدكتور ثامر خضير مرزا رئيس لجنة المناقشة والأستاذ الدكتور قيس حسين عباس والأستاذ الدكتورة إيمان فيصل حسن والأستاذ المساعد الدكتورة سهيلة حسين باجي والأستاذ المساعد الدكتور خالد علي حسين أعضاء لجنة المناقشة لتفضلهم بقبول مناقشتي وأبداء الملاحظات العلمية القيمة التي ساهمت في ترصين المادة العلمية وإغناء الإطروحة فجزاهم الله عني خير الجزاء . شكري وتقديري الخالص إلى عمادة كلية التربية للعلوم الصرفة ورئاسة قسم علوم الحياة في جامعة كربلاء وأساتيذي الكرام ، كما أتقدم بالشكر والتقدير إلى الأخ العزيز الدكتور علاء ماصخ الدعمي لمساعدته لي وتوفير التربة الخاصة بالتجربة ، ولايفوتني إلاّ أن أكرر شكري وتقديري إلى الأخ الأستاذ المساعد الدكتور خالد علي اليساري رئيس قسم علوم الحياة في كلية العلوم/جامعة كربلاء لمساعدته لي طيلة فترة بحثي ، وشكري الجزيل إلى الأخ العزيز السيد نبراس الحسيني موظف شعبة الدراسات العليا في الكلية ، كما أجد من الوفاء أن أقدم شكري وأمتناني الخاص الى جميع زملائي من طلبة الدراسات العليا للدكتوراه لما لمسته منهم من تعاون وعلاقة طيبة وروح صداقة حقيقية أتمنى لهم النجاح والموفقية . ولابد هنا من تسجيل تقديري وأمتناني لأصدقائي جميعهم لتشجيعهم ومساندتهم لي طيلة مراحل إجراء البحث . كما لا يسعني إلا أن أشكر وأقدر جهود كل الطيبين والخيرين وكل من مد يد العون وأرجو من الباري عزَّ وجل أن يوفقني لرد الجميل .

ومسك الختام يكون حقاً عليّ أن أقدم أسمى وأرقى معاني الشكر والعرفان إلى عائلتي التي قاسمتني هذا الجهد داعياً الله لهم أن يوفقني لرد فضلهم .

والله ولي التوفيق ...

الباحث

جواد الحجيري

الخلاصــة :

نفذت تجربة عاملية بهدف دراسة تأثير طريقة الإضافة (التسميد الورقي أوالأرضي) لمستويات مختلفة من الحديد المعدني والنانوي المخلبي في بعض صفات النمو الخضرية والفسلجية والتشريحية والمواد الفعالة لنبات المورنجا أوليفيرا *Moringa oleifera* Lam. ، نفذت تجربة أصص سعة الأصيص 15 كغم تربة والتي ملئت بواقع 12 كغم من التربة لكل سندانة في إحد مشاتل كربلاء المقدسة الخاصة للموسم 2018–2019 وفق التصميم العشوائي الكامل Completely Randomized Design (C.R.D) كتجربة عاملية بثلاثة عوامل (2×3×3) هي طريقتي الإضافة (التسميد الورقي والأرضي) والحديد المعدني بثلاثة تراكيز هي (0 و 0.9 و 1.8غم.لتر$^{-1}$) من المركب $FeSO_4.7H_2O$ والتي تكافيء (0 و 180 و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني) والحديد النانوي المخلبي بثلاثة تراكيز هي (0 و 2 و 4 غم.لتر$^{-1}$) وهي تكافيء (0 و 180 و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي) وبثلاث مكررات .

زُرعت البذور بتاريخ 2019/3/21 بطريقة الداية في الأطباق البلاستيكية (بعد تنقيعها بالماء لمدة يوم كامل) ثم حولت البادرات بعد مرور ثلاثة أسابيع من الزراعة بتاريخ 2019/4/10 بواقع نبتة واحدة لكل أصيص وبثلاث مكررات لكل معاملة وأخذت عينات من أصص أضافية قبل المعاملة كعينة أولى .

عُوملت النباتات بالحديد النانوي المخلبي بالتراكيز المحددة عند مرحلة 4-6 أوراق حقيقية بتاريخ 2019/5/21 وفي 2019/5/22 بالحديد المعدني للدفعة الأولى على التوالي رشاً للمجموع الخضري وإضافةً للتربة وأضيفت الدفعة الثانية والثالثة من تركيزي الحديد النانوي والمعدني بعد كل شهر من كل إضافة وبالطريقة نفسها بينما كانت معاملة المقارنة بإستعمال الماء المقطر فقط ، أُخذت قياسات النمو الخضري بتاريخ 2019/10/20 بعد سبعة أشهر من تاريخ إنبات البذور وذلك بأخذ المتوسط لنبات كل معاملة من كل مكرر ولكل صفة من الصفات قيد الدراسة . عند إنهاء التجربة أخذت عينات نباتية ثانية وتم قياس بعض الصفات الكيموحيوية والنمو الجذري والخضري فضلاً عن بعض الخواص التشريحية للنبات . تم تحليل النتائج حسب التصميم الإحصائي المتبع وتمت المقارنة بين المتوسطات حسب إختبار أقل فرق معنوي وعند مستوى إحتمالية 0.05 .

وأوضحت نتائج الدراسة ما يأتي :

1- لم يكن لطريقة الإضافة تأثير معنوي في أرتفاع النبات ومتوسط النمو المطلق ومتوسط النمو النسبي وفعالية إنزيم الكاتليز في الأوراق ومحتوى الأوراق من الفلافونويدات والنسبة المئوية للمركب الفعال Campesterol ومتوسطي إمتصاص ونقل النتروجين N ، في حين كان لها تأثير

معنوي في جميع الصفات المدروسة الأخرى ، وقد تفوق التسميد الأرضي على التسميد الورقي في أغلب الصفات .

2- أثر الحديد المعدني إيجابياً في أغلب الصفات المدروسة وكان التركيز (360 ملغم.لتر$^{-1}$) هو الأكثر تأثيراً وتقاسم التأثير مع التركيز (180 ملغم.لتر$^{-1}$) في بعض الصفات الأخرى منها عدد الأوراق ومتوسط النمو المطلق ومتوسط النمو النسبي والنسبة المئوية للنتروجين والبروتين ومحتوى الكلوروفيل في الأوراق ومحتوى الكاربوهيدرات الكلي في الأوراق والنسبة المئوية للحامض الدهني المشبع Stearic acid التي زادت قيم متوسطاتها والتي بلغت 31.44 ورقة.نبات$^{-1}$ ، 4.675 غم.يوم$^{-1}$ ، 10.27 غم.غم$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، 2.176 % ، 13.601 % ، 13.41 ملغم.غم$^{-1}$ ، 21.93 ملغم.غم$^{-1}$ وزن جاف و 5.87 % بالتتابع .

3- أثر الحديد النانوي المخلبي في جميع الصفات المدروسة (بإستثناء قطر الجذر الذي لم يكن معنوياً) إذ أدت المعاملة بالحديد النانوي المخلبي بتركيز(360 ملغم.لتر$^{-1}$) إلى زيادة في متوسط الصفات قيد الدراسة سواء المظهرية أوالفسلجية أوالكيموحيوية مقارنـة بمعاملة السيطرة بينما كان لتركيز (180 ملغم.لتر$^{-1}$) تأثيراً معنوياً واضحاً في متوسط النسبة المئوية للنتروجين والبروتين في الأوراق وكذلك في الحامض الدهني غير المشبع α- Linolenic acid في الأوراق إذ بلغت متوسطاتها 2.197 % ، 13.729 % و 3.081 % بالتتابع .

4- لم يؤدي التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني إلى وجود تأثير معنوي في أغلب المؤشرات قيد الدراسة في حين أدى إلى زيادة بعض المؤشرات معنوياً حيث أعطى التركيز (360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني) أعلى القيم للتسميد الورقي والتسميد الأرضي .

5 - سجل التداخل بين طريقة الإضافة والحديد النانوي المخلبي تأثيراً معنوياً في معظم الصفات قيد الدراسة إذ أدى إضافة سماد الحديد النانوي بتركيز (180 ملغم.لتر$^{-1}$) تسميداً أرضياً إلى زيادة متوسطات بعض صفات النبات منها أرتفاع النبات بالتسميد الورقي والنسبة المئوية للنتروجين والبروتين إذ بلغ مقدارها 190.22 سم و 2.276 % و 14.222 % بالتتابع . أما إضافة سماد الحديد النانوي بتركيز (360 ملغم.لتر$^{-1}$) فقد أثر معنوياً في أغلب متوسطات صفات النبات الأخرى . ولم يكن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة وتراكيز الحديد النانوي أي تأثير معنوي في بعض صفات نبات المورنجا ومنها الوزن الجاف للمجموعين الخضري والجذري للنبات ونسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري/الوزن الجاف للمجموع الخضري ومتوسط النمو المطلق والنمو النسبي ومتوسط إمتصاص النتروجين ومتوسط إمتصاص ونقل الحديد والنسبة المئوية لـ G-Sitosterol والنسبة المئوية لـ Stigmasterol .

6- أظهر التداخل بين الحديد المعدني والحديد النانوي المخلبي تأثيراً معنوياً في أغلب الصفات قيد الدراسة فقد تفوق التركيز(360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي) في إعطاء أعلى القيم لمعظم الصفات قيد الدراسة بينما تقاسم التركيزان 180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني مع الحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ التأثير المعنوي في متوسطات النسبة المئوية للفسفور ومتوسط إمتصاص ونقل الفسفور وتركيز الـ Ascorbic acid وتركيز الـ G-Sitosterol والنسبة المئوية لـ Stigmasterol . بينما كان لتداخل تركيز (180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني مع 180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي) تأثيراً معنوياً في متوسط صفات عدد الأوراق ومتوسط النمو المطلق ومتوسط النمو النسبي والنسبة المئوية للنتروجين والبروتين في الأوراق . كما كان لتداخل التراكيز الأخرى من الحديد المعدني والنانوي تأثيراً معنوياً في بعض الصفات الأخرى ، في حين لم يظهر لهذا التداخل أي تأثير معنوي في نسبة المجموع الجذري/نسبة المجموع الخضري وحجم الجذر وإنزيم البيروكسيديز POD .

7- أثر التداخل بين عوامل الدراسة الثلاثة بطريقتي التسميد الأرضي والورقي معنوياً في صفات إرتفاع النبات وقطر الساق وعدد الأفرع وعدد الأوراق في النبات والوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري للنبات وكذلك بنسبة Root/Shoot ratio والنسبة المئوية للعناصر الغذائية N.P.K والـ Fe في الأوراق وكل متوسطات الإمتصاص و النقل للعناصر الغذائية N.P.K والـ Fe وفي النسبة المئوية للبروتين ومحتوى الكاربوهيدرات الكلي في الأوراق والنسبة المئوية لـ Ascorbic acid و لـ alpha-Tocopherol والنسبة المئوية للحامض الدهني غيرالمشبع Linolenic acid و Linoleic acid والنسبة المئوية للحامض الدهني المشبع Stearic acid والنسبة المئوية للمركبات الفعالة الـ Campesterol والـ Stigmasterol .

8- أثر الحديد المعدني والنانوي المخلبي وطريقة إضافتهما معنوياً في جميع الصفات التشريحية قيد الدراسة في البشرة العليا والسفلى لأوراق النبات ومنها عدد وطول الشعيرات وعرض وطول خلايا البشرة وعدد خلايا البشرة وعدد وعرض الثغور ودليل الثغور إذ تفوق التركيز (360 ملغم.لتر$^{-1}$ معدني+360 ملغم.لتر$^{-1}$ نانوي) في أغلب الصفات قيد الدراسة عن التراكيز الآخرى ، كما أثرت المعاملات المستخدمة في الصفات التشريحية لساق النبات ومنها سمك البشرة وتحت البشرة وسمك النسيج الكلورنكيمي والكولنكيمي والسكلرنكيمي وسمك نسيج اللحاء والخشب وقطر اللب وطول الشعيرات إذ تفوق التركيز (360 ملغم.لتر$^{-1}$ معدني+360 ملغم.لتر$^{-1}$ نانوي) في جميع الصفات قيد الدراسة والتي تفوقت فيها طريقة التسميد الأرضي على التسميد الورقي في إعطاء أفضل النتائج .

قائمــة المحتويــات

ت	الموضوع	رقم الصفحة
	الخلاصـــــة العربيـــــــة	I-III
	قائمـة المحتويـــات	IV-IX
	قائمـة الجـــــداول	X-XII
	قائمـة الأشكـــــال	XIII
	قائمـة الصور واللوحات	XIV
1	**الفصل الأول : المـقـدِّمـــــــــــة**	1
2	**الفصل الثاني : إستعراض المراجــع**	4
1-2	مقدمة عن النباتات الطبية	4
2-2	وصف النبات وأهميته	5
1-2-2	التوزيع الجغرافي والوصف النباتي للمورينجا	5
2-2-2	الموطن الأصلي للنبات ومناطق إنتشاره	10
3-2-2	الأهمية الغذائية للنبات	11
4-2-2	الأهمية الطبية لنبات المورينجا	14
5-2-2	الأهمية الأقتصادية لنبات المورينجا	17
6-2-2	التصنيف والتسميات الشائعة لنبات المورينجا في العالم	18
1-6-2-2	التصنيف	18
2-6-2-2	تسمية النبات	18
7-2-2	مستخلص نبات المورينجا أوليفيرا	19
3-2	التسميد الورقي	21
4-2	تقنية النانو والأسمدة النانوية	22
5-2	تأثير الحديد المعدني والنانوي المخلبي وطريقة الأضافة في بعض صفات النمو الخضري والصفات الكيموحيوية	25
6-2	تأثير التسميد بالحديد المعدني والنانوي المخلبي في مضادات الأكسدة والمواد الفعالة في النبات	32

1-6-2	الإنزيمـــــات	32
2-6-2	الفيتامينـــــات	34
3-6-2	الفلافونويدات	36
4-6-2	المركبات الفعالة والأحماض الدهنية	37
7-2	تأثير الحديد المعدني والنانوي المخلبي وطريقة الإضافة في الصفات التشريحية لأوراق وسيقان النبات	40
3	**الفصل الثالث : المـواد و طـرائـق الـعـمـل**	42
1-3	تهيئة الأصص	42
2-3	المعاملات المستخدمة في التجربة	43
3-3	**تحضير المعاملات**	43
1-3-3	تراكيز الحديد النانوي	43
2-3-3	تراكيز الحديد المعدني	44
4-3	الزراعة وتنفيذ المعاملات	44
5-3	القياسات التجريبية	45
1-5-3	**قياسات مؤشرات النمو الخضري**	45
1-1-5-3	إرتفاع النبات (سم)	45
2-1-5-3	قطر الساق (سم)	45
3-1-5-3	عدد الأفرع (فرع.نبات $^{-1}$)	45
4-1-5-3	عدد الأوراق (ورقة.نبات$^{-1}$)	46
5-1-5-3	المساحة الورقية الكليّة للنبات (م^{2}.نبات$^{-1}$)	46
6-1-5-3	الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم . نبات$^{-1}$)	46
7-1-5-3	الوزن الجاف للمجموع الجذري (غم . نبات$^{-1}$)	46
8-1-5-3	نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري/الوزن الجاف للمجموع الخضري	46
9-1-5-3	طول الجذر (سم)	47
10-1-5-3	حجم الجذر (سم^{3})	47

11-3-5-3	قطر الجذر (سم)	47
12-3-5-3	معدل النمو المطلق AGR (غم . يوم$^{-1}$)	47
13-3-5-3	معدل النمو النسبي RGR (غم.غم$^{-1}$.يوم$^{-1}$)	47
2-5-3	**الصفات الكيموحيوية للنبات**	48
1-2-5-3	محتوى الأوراق من العناصر المعدنية	48
1-1-2-5-3	الهضم الرطب لعينات الأوراق	48
2-1-2-5-3	النسبة المئوية للنتروجين (%) في الأوراق	48
3-1-2-5-3	النسبة المئوية للفسفور (%) في الأوراق	48
4-1-2-5-3	النسبة المئوية للبوتاسيوم (%) في الأوراق	48
5-1-2-5-3	محتوى الأوراق من الحديد (ملغم.لتر$^{-1}$) في الأوراق	48
6-1-2-5-3	حساب معدلات الإمتصاص Im والنقل $\overline{V}$ للعناصر الغذائية N , P , K , Fe (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)	49
2-2-5-3	تقديرالنسبة المئوية للبروتين (%) في الأوراق	49
3-2-5-3	محتوى الكلوروفيل (ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري)	50
4-2-5-3	محتوى الكاربوهيدرات الكلي (ملغم.غم$^{-1}$ وزن جاف)	50
5-2-5-3	**تقديرفعالية الإنزيمات في الأوراق**	52
1-5-2-5-3	تقدير فعالية إنزيم البيروكسيديز POD (وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري)	52
2-5-2-5-3	تقدير فعالية إنزيم الكاتليز CAT (وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري)	53
6-2-5-3	**تقدير المواد الفعالة في الأوراق**	54
1-6-2-5-3	تقدير تركيز فيتامين C و E في الأوراق (ملغم.كغم$^{-1}$)	54
2-6-2-5-3	تقدير الفلافونويدات الكلية في الأوراق (ملغم.غم$^{-1}$)	55
3-6-2-5-3	تقدير النسبة المئوية للأحماض الدهنية في الأوراق %	56
4-6-2-5-3	تقدير النسبة المئوية للمركبات الفعالة في الأوراق %	57
7-2-5-3	**الدراسة التشريحية**	58
1-7-2-5-3	طريقة تشريح الأوراق	58

2-7-2-5-3	تحضير المقاطع المستعرضة للسيقان النباتية	59
6-3	التصميم والتحليل الإحصائي	60
4	**الفصل الرابــع : الـنـتائـج**	61
1-4	**تأثير طريقة الأضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في صفات النمو الخضري لنبات المورينجا**	61
1-1-4	إرتفاع النبات (سم)	61
2-1-4	قطر الساق (سم)	62
3-1-4	عدد الأفرع (فرع.نبات $^{-1}$)	64
4-1-4	عدد الأوراق (ورقة.نبات$^{-1}$)	65
5-1-4	المساحة الورقية الكلية (م^{2}.نبات$^{-1}$)	66
6-1-4	الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم . نبات$^{-1}$)	68
7-1-4	الوزن الجاف للمجموع الجذري (غم . نبات$^{-1}$)	69
8-1-4	نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري\الوزن الجاف للمجموع الخضري	71
9-1-4	طول الجذر (سم)	72
10-1-4	حجم الجذر (سم^{3})	73
11-1-4	قطر الجذر (سم)	74
12-1-4	معدل النمو المطلق AGR (غم . يوم$^{-1}$)	76
13-1-4	معدل النمو النسبي RGR (غم.غم$^{-1}$.يوم$^{-1}$)	77
2-4	**تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في بعض الصفات الكيموحيوية لنبات المورينجا**	78
1-2-4	**تركيز العناصر الغذائية في الأوراق**	78
1-1-2-4	النسبة المئوية للنتروجين (%) في الأوراق	78
2-1-2-4	النسبة المئوية للفسفور (%) في الأوراق	80
3-1-2-4	النسبة المئوية للبوتاسيوم (%) في الأوراق	81
4-1-2-4	تركيز الحديد (ملغم.لتر$^{-1}$) في الأوراق	83
2-2-4	**معدلات الإمتصاص للعناصر الغذائية**	84

قـائـمة الـمحتـويـات

1-2-2-4	معدل إمتصاص النتروجين (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)	84
2-2-2-4	معدل إمتصاص الفسفور (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)	85
3-2-2-4	معدل إمتصاص البوتاسيوم (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)	87
4-2-2-4	معدل إمتصاص الحديد (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)	88
3-2-4	**معدلات النقل للعناصر الغذائية**	90
1-3-2-4	معدل نقل النتروجين (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)	90
2-3-2-4	معدل نقل الفسفـــور (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)	91
3-3-2-4	معدل نقل البوتاسيوم (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)	93
4-3-2-4	معدل نقل الحـديـــد (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)	94
4-2-4	النسبة المئوية للبروتين في الأوراق %	96
5-2-4	محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي (ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري)	97
6-2-4	محتوى الكاربوهيدرات الكلي (ملغم.غم$^{-1}$ وزن جاف) في الأوراق	99
3-4	**تأثير طريقة الأضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في الفعالية الإنزيمية لنبات المورينجا**	100
1-3-4	فعالية إنزيم Peroxidase (وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري)	100
2-3-4	فعالية إنزيم Catalase (وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري)	102
3-3-4	تركيز لـ Ascorbic acid (فيتامين C)	103
4-3-4	تركيز لـ alpha-Tocopherol (فيتامين E)	105
4-4	**تأثير طريقة الأضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي وتداخلاتها في المواد الفعالة لأوراق نبات المورينجا .**	106
1-4-4	محتوى الأوراق من الفلافونويدات (ملغم.غم$^{-1}$)	106
2-4-4	النسبة المئوية للحامض الدهني غير المشبع α- Linolenic acid %	108
3-4-4	النسبة المئوية للحامض الدهني غير المشبع Linoleic acid %	109
4-4-4	النسبة المئوية للحامض الدهني المشبع Stearic acid %	111
5-4-4	النسبة المئوية لـ Campesterol %	112
6-4-4	النسبة المئوية لـ Gamma-Sitosterol %	114

قـائـمة الـمحتـويـات

7-4-4	النسبة المئوية لـ Stigmasterol %	115
5- 4	**تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد الحديد المعدني والنانوي المخلبي وتداخلاتها في الصفات التشريحية لأوراق وسيقان نبات المورينجا.**	116
1-5-4	تشريح الأوراق النباتية	116
1-1-5-4	البشرة السفلى للأوراق	116
2-1-5-4	البشرة العليا للأوراق	124
2-5-4	تشريح الساق	130
5	**الفصل الخامس** : **المناقشــة**	139
1-5	**تأثير طريقة الإضافة (التسميد الورقي والأرضي) لسماد الحديد المعدني والنانوي المخلبي في بعض صفات النمو الخضري والجذري والصفات الكيموحيوية والمواد الفعالة لنبات المورينجا أوليفيرا**	139
2-5	تأثير التسميد بالحديـــد المعدني والنانوي المخلبي فـــي مؤشرات النمو الخضري والجذري والمحتوى المعدني في النبات	141
3-5	تأثير التسميد بالحديد المعدني والنانوي المخلبي في مضادات الأكسدة والمواد الفعالة في النبات	150
4-5	تأثير طريقة الإضافة (التسميد الورقي والأرضي) لسماد الحديد المعدني والنانوي المخلبي في بعض صفات الصفات التشريحية لأوراق وسيقان نبات المورينجا أوليفيرا	152
1-4-5	البشرة السفلى والعليا للأوراق	152
2-4-5	تشريح ساق النبات	154
6	**الفصل السادس** : الإستـنـتـاجـات والـتـوصـيـــات	158
1-6	الإستـنـتـــاجـات	158
2-6	الـتـوصـيـــــات	159
7	**الفصل السابع** : الـمـصــادر الـعـربـيـة والأجـنـبـيـة	160
1-7	الـمـصـــادر الـعـربـيـــة	160
2-7	الـمـصـــادر الأجـنـبـيـــة	161
	الـخلاصــة الإنـكـلـيـزيـــة	A-C

قائمة الجداول

قائمة الجداول		
رقم الجدول	العنوان	رقم الصفحة
1	محتوى الأوراق والثمار والبذور من المواد الغذائية	12
2	القيمة الغذائية لأوراق نبات المورينجا الطرية والجافة	12
3	محتوى الأوراق والثمار والبذور من العناصر الغذائية والفيتامينات	13
4	الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة أصص التجربة	42
5	تحضير تراكيز سكر الكلوكوز	51
6	الظروف المتبعة لتحليل العينة النباتية في جهاز الكروموتوغرافيا الغاز GC	57
7	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في أرتفاع نبات المورنجا (سم)	62
8	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في قطر ساق نبات المورنجا (سم)	63
9	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في عدد الأفرع (فرع . نبات$^{-1}$) لنبات المورنجا	64
10	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في عدد الأوراق (ورقة.نبات$^{-1}$) لنبات المورنجا	66
11	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في المساحة الورقية الكلية (م^{2}) لنبات المورنجا	67
12	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في الوزن الجاف للمجموع الخضري(غم.نبات$^{-1}$) لنبات المورنجا	68
13	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في الوزن الجاف للمجموع الجذري (غم.نبات$^{-1}$) لنبات المورنجا	70
14	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري/الوزن الجاف للمجموع الخضري لنبات المورنجا	71
15	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في معدل طول الجذر (سم) لنبات المورنجا	73
16	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في حجم الجذر(سم^{3}) لنبات المورنجا	74
17	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في قطر الجذر (سم) لنبات المورنجا	75

قائمة الجداول

18	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النمو المطلق (غم . يوم$^{-1}$) لنبات المورنجا	76
19	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النمو النسبي (غم . غم$^{-1}$. يوم$^{-1}$) لنبات المورنجا	78
20	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية للنتروجين في أوراق نبات المورنجا	79
21	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية للفسفور في أوراق نبات المورنجا	81
22	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية للبوتاسيوم في أوراق نبات المورنجا	82
23	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في تركيز الحديد (ملغم.لتر$^{-1}$) في أوراق نبات المورنجا	84
24	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في إمتصاص النتروجين (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$) لنبات المورنجا	85
25	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في إمتصاص الفسفور (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$) في أوراق نبات المورنجا .	86
26	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في إمتصاص البوتاسيوم (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$) في أوراق نبات المورنجا	88
27	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في إمتصاص الحديد (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$) لنبات المورنجا	89
28	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في نقل النتروجين (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$) لنبات المورنجا	91
29	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في نقل الفسفور (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$) لنبات المورنجا	92
30	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في نقل البوتاسيوم (ملغم/نبات/يوم) لنبات المورنجا	94
31	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في نقل الحديد (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$) لنبات المورنجا	95
32	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية للبروتين في أوراق نبات المورنجا	97
33	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في محتوى أوراق نبات المورنجا من الكلوروفيل الكلي (ملغم.غم$^{-1}$) وزن طري	98
34	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في محتوى الكاربوهيدرات الكلي (ملغم.غم$^{-1}$ وزن جاف) في أوراق نبات المورنجا	100
35	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في فعالية إنزيم البيروكسيديز POD (وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري)أوراق لنبات المورنجا	101
36	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في فعالية أنزيم الكاتليز CAT (وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري) لأوراق نبات المورنجا	102
37	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في تركيز الـ Ascorbic acid (ملغم.كغم$^{-1}$) في أوراق نبات المورنجا	104

قائمة الجداول

38	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في تركيز الـ alpha-Tocopherol(ملغم.كغم$^{-1}$) في أوراق نبات المورنجا	105
39	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في محتوى الفلافونويدات (ملغم.غم$^{-1}$) لاوراق لنبات المورنجا	107
40	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية لـ Linolenic acid في أوراق نبات المورنجا	109
41	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية لـ Linoleic acid في أوراق نبات المورنجا	110
42	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية لـ Stearic acid في أوراق نبات المورنجا	111
43	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية لـ Campesterol في أوراق نبات المورنجا	113
44	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية لـ G- Sitosterol في أوراق نبات المورنجا	114
45	تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية لـ Stigmasterol في أوراق نبات المورنجا	116
46	تأثير طريقة التسميد الورقي وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي في الصفات الكمية للبشرة السفلى لنبات المورنجا	120
47	تأثير طريقة التسميد الأرضي وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي في الصفات الكمية للبشرة السفلى لنبات المورنجا	121
48	تأثير طريقة التسميد الورقي وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي في الصفات الكمية للبشرة العليا لنبات المورنجا	126
49	تأثير طريقة التسميد الأرضي وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي في الصفات الكمية للبشرة العليا لنبات المورنجا	127
50	تأثير طريقة التسميد الورقي وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي في الصفات الكمية لأنسجة ساق لنبات المورنجا	134
51	تأثير طريقة التسميد الأرضي وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي في الصفات الكمية لأنسجة ساق لنبات المورنجا	135

قائمة الأشكال

رقم الشكل	العنوان	رقم الصفحة
1	المنحنى القياسي للكلوكوز عند الطول الموجي 490 نانوميتر	52
2	المنحنى القياسي للكيورستين عند الطول الموجي 510 نانوميتر	56

قائمة الصور واللوحات

قائمة الصور		
رقم الصورة	العنوان	رقم الصفحة
1	ورقة نبات المورنجا أوليفيرا *M. oilefera*	6
2	زهرة نبات المورنجا أوليفيرا	6
3	جذر نبات المورنجا أوليفيرا	6
4	بذور نبات المورنجا أوليفيرا	6
5	سماد الحديد النانوي المخلبي	43
6	سماد الحديد المعدني	44
7	أنواع الأنسجة في مقطع الساق لنبات المورينجا	136

قائمة اللوحات		
رقم اللوحة	العنوان	رقم الصفحة
1	التغايرات في أبعاد خلايا البشرة السفلى لأوراق نبات المورينجا المعاملة بتراكيز مختلفة من الحديد المعدني والنانوي بالتسميد الأرضي	122
2	التغايرات في أبعاد خلايا البشرة السفلى لأوراق نبات المورينجا المعاملة بتراكيز مختلفة من الحديد المعدني والنانوي بالرش الورقي	123
3	التغايرات في أبعاد خلايا البشرة العليا لأوراق نبات المورينجا المعاملة بتراكيز مختلفة من الحديد المعدني والنانوي بالتسميد الأرضي	128
4	التغايرات في أبعاد خلايا البشرة العليا لأوراق نبات المورينجا المعاملة بتراكيز مختلفة من الحديد المعدني والنانوي بالرش الورقي	129
5	التغايرات في أبعاد أنسجة المقاطع المستعرضة للساق بعد العقدة 19 لنبات المورينجا عند المعاملة بتراكيز مختلفة من الحديد المعدني والنانوي بطريقة الرش الورقي	137
6	التغايرات في أبعاد أنسجة المقاطع المستعرضة للساق بعد العقدة 19 لنبات المورينجا عند المعاملة بتراكيز مختلفة من الحديد المعدني والنانوي بطريقة التسميد الأرضي	138

الفصل الأول

المقدِّمة

Introduction

المقدمة Introduction :

شجرة المورنجا أوليفيرا *Moringa oleifera* Lam. هي هدية الله عزّ وجل للإنسان التي تنتمي إلى الجنس *Moringa* ضمن عائلة النباتات الزهرية Moringaceae التي تمتلك قيمة غذائية وطبية عالية وتزرع هذه الشجرة بشكل رئيس في المناطق الإستوائية وشبه الإستوائية والتي تعد من أكثر النباتات شعبية في منطقة جنوب شرق آسيا (خاصة الفلبين) وهي تتواجد في جميع أنحاء العالم ، وتنمو بشكل أفضل في التربة الرملية الجافة فهي تتحمل الترب الفقيرة بما في ذلك المناطق الساحلية وتعد شجرة سريعة النمو ومتحملة للجفاف موطنها الأصلي عند سفوح جبال الهيمالايا الجنوبية في شمال غرب الهند (Premi and Sharma, 2013; Radovich, 2010) .

ويمكن القول أن هذا النبات أنقذ حياة المزيد من الأرواح في دول العالم الثالث أكثر من أي شيء آخر (Paliwal *et al.* , 2011) . يعرف النبات عادةً بإسم شجرة عصا الطبل tree drumstic أو شجرة فجل الحصان horseradish tree أوشجرة أفضل صديق للأم وشجرة اليسر وشجرة البان وقد عرفت أيضاً بإسم شجرة الحياة في زمن الفراعنة وتم استخدامها طبياً للتحنيط آنذاك (Zheng *et al.*, 2017) ، يمتاز النبات بسرعة نموه وله قيمة إقتصادية كبيرة إذ أن كل جزء منه له إستخداماته الخاصة ويمكن إستخدام أجزاء مختلفة من النبات كمصدر للغذاء والعلاج الطبي كخافضة للضغط ومضادات السرطان ومضادات للتشنج والربو وإلتهاب الشعب الهوائية ومضادات الأورام وخافضة للكوليسترول ومدرّره للبول ومضادة للسكري ومضادة للصرع ومضادة للإلتهابات ومضادة لأنشطة البكتيريا والفطريات ومنشطة للقلب والدورة الدموية وبالتالي توصف بأنها الشجرة المعجزة miracle tree كونها تستعمل لعلاج أكثر من 300 مرض (Mani *et al.*, 2007; Ashfaq *et al.*, 2012; Arora *et al.*, 2013) . كما تستخدم شجرة المورينجا في مستحضرات التجميل وتنقية المياه وإنتاج الوقود الحيوي وتحتوي أجزاء مختلفة من هذا الشجرة على أشكال متنوعة للمعادن المهمة والتي تعتبر كمصدر جيد للبروتينات و الكاربوهيدرات والفيتامينات وبيتاكاروتين والأحماض الأمينية والفلافونويدات والمواد الكيميائية النباتية الأساسية الأخرى مثل الستيرولات النباتية phytosterols إذ توفر شجرة المورينجا مزيجاً غنياً ونادراً من الزياتين zeatin والكيروسيتين quercetin والسيتوسترول sitosterol وغيرها من المواد الفعالة المهمة طبياً وكما تُعد مصدراً جيداً لمضادات الأكسدة ومضادات السرطان ومضادات الإلتهابات (Anwar *et al.* , 2007; Lamou *et al.*, 2016) .

تُعد أوراق المورنجا أوليفيرا كمصدر غني للأحماض الدهنية غير المشبعة أوميكا 3 وأوميكا 6 في شكل حامض ألفا لينولينك α-linolenic وحامض اللينوليك linoleic على التوالي ، وكذلك

مصدراً للأحماض الدهنية المشبعة الرئيسة مثل حامض الستيرك Stearic والبالمتيك Palmitic والعديد من الفيتامينات مثل ألفا توكوفيرول α-tocopherol وحامض الأسكوربيك (Saini *et al.*, 2014a) . وتستخدم مستخلصات من الأوراق وأجزاء أخرى من النبات لعلاج سوء التغذية وزيادة حليب الثدي لدى الأمهات المرضعات ولعلاج فرط نشاط الغدة الدرقية (Omotesho *et al.*, 2013;Saini, 2013) . ويمكن إستخدام زيت البذور لعلاج الروماتيزم ومعالجة النقرس وإعداد مستحضرات التجميل ومواد التشحيم في صناعة الساعات وكدواء لتنقية الدم وتعزيز وظيفة القلب وكذلك للأغراض الصالحة للأكل (Gopalakrishnan *et al.*, 2016) .

تعد التغذية الورقية أكثر كفاءةً من التغذية الأرضية في المعالجات السريعة لنقص المغذيات التي تظهر بشكل واضح على الأوراق النباتية حيث أن الورقة هي الأساس في عملية البناء الضوئي فضلاً عن أمكانية خلط الأسمدة الورقية مع المبيدات المستعملة لمكافحة الأمراض والآفات الحشرية مما يوفر الكثير من الوقت والجهد والمال وإن التغذية الورقية هي أفضل تقنية للتسميد بسبب الإستفادة العالية من المغذيات وقلة التلوث البيئي وتعد الطريقة الأكثر كفاءةً وإقتصاداً مقارنةً مع الإضافات السمادية الأرضية للنباتات (Mallarino, 2003) . يعد التسميد الورقي أحد الأساليب المهمة لتجنب نقص المغذيات في التربة وخاصة المغذيات الدقيقة إذ يعد إضافة العناصر الدقيقة في التسميد الورقي نهجاً ناجحاً للتعامل مع أعراض نقص المغذيات في النباتات (Kessel, 2006) .

تعد تقنية النانو Nanotechnology إحدى التقنيات الجديدة التي دخلت تقريباً جميع جوانب حياتنا وأستعملت في زيادة الإنتاج الزراعي وتقليل المشكلات البيئية ويمكن أن تكون مفيدة جداً في تصنيع الجيل الجديد من الأسمدة لأستخدام المغذيات بكفاءة عالية ، وإن التقنية النانوية هي معالجة بارعة للمادة على المستوى الجزيئي أو الذري وبشكلٍ عام بحدود أقل من 100 نانومتر ، ومقياس النانومتر هو وحدة قياس تساوي 10^{-6} ملم أو 10^{-9} متر وهذه التقنية تعد واعدة في تحسين العمليات الزراعية الجارية من خلال تحسين الإدارة وصيانة وإدامة المدخلات في الانتاج الزراعي الحقلي والحيواني (Monreal *et al.* , 2015) . إن الأسمدة النانوية تساهم في تسريع نمو النبات نتيجةً لتنشيط عملية البناء الضوئي وزيادة المواد المصنعة داخل النبات مما ينعكس إيجابياً في زيادة إنتاجية المحصول فضلاً عن تحسين خصائص التربة المسمدة من خلال زيادة جاهزية العناصر نتيجةً لتنشيط وتحسين أسطح ألتماس بين السماد والتربة وزيادة سطح الإمتصاص وكذلك تحللها وفقدان تراكيزها يكون غير ضار بالبيئة مقارنة بالأسمدة الأساسية مما يساعد في الإستدامة البيئية (Monreal *et al.*, 2015; Roosta *et al.*, 2015; Subramanian *et al.*, 2015) . أن إضافة الأسمدة النانوية يؤدي إلى زيادة كفاءة العناصر وتقليل سميتها بالإضافة إلى تقليل الآثار السلبية الناجمة عن الإستهلاك المفرط للأسمدة وبالتالي تقليل تكرار التسميد حيث توفر الأسمدة

النانوية مساحة سطحية أكبر لتفاعلات التمثيل الغذائي المختلفة في النبات مما يزيد من معدلات البناء الضوئي وينتج المزيد من المواد الجافة وإنتاجية المحصول ، كما يحافظ على النبات من الإجهادات الحيوية وغير الحيوية المختلفة ، وتلعب الأسمدة النانوية دوراً مهماً في العمليات الفسيولوجية والكيموحيوية للنباتات عن طريق زيادة المغذيات وتوافرها (Qureshi *et al.*, 2018) .

يُعد الحديد Fe أحد العناصر الأساسية لنمو النبات ويلعب دوراً مهماً في تفاعلات التمثيل الضوئي وفي تكوين الكلوروفيل وهو مهم في أنظمة الإنزيمات التي تلعب دوراً أساسياً في تفاعلات الأكسدة والإختزال في عملية تنفس النبات وإن نقصه يسبب تدهور الكلوروفيل وإصفرار أوراق النبات (Malkaouti and Tehrani, 2005) . يمكن أن يعد سماد الحديد النانوي المخلبي كمصدر غني بالحديد ثنائي التكافؤ وفعال وذو سمات تساعد في نمو النباتات أن مخلبيات الحديد Fe-EDDHA تكون مستقرة في التربة وتمنع من ترسب الحديد لفترة زمنية متوسطة ، حيث يعمل العامل المخلبي EDDHA على تخزين أيون الحديديك (ferric ion (Fe^{+3})) بقوة عالية ويمنع ترسبه في التربة ، وبالتالي يزداد تركيز الحديد في التربة وأن إضافة الأسمدة النانوية يؤدي إلى زيادة كفاءة المغذيات وتقليل سمية التربة ولكن هذه الأسمدة لها مشكلة وهي أنها عالية التكلفة جداً وأن هذه المركبات النانوية تمتصها النباتات بسرعة وبشكل كامل وتعالج النقص في المغذيات التي تحتاجها (Harsini *et al.* , 2014) .

ونظراً لقلة الدراسات على نبات المورينجا في العراق ولأهميته الغذائية والطبية والأقتصادية ، عليه أقترحت هذه الدراسة لدراسة تأثير تراكيز مختلفة من مصدرين للحديد المعدني والنانوي المخلبي وطريقة الإضافة والتداخلات بينها في :

1- صفات النمو المظهرية والفسلجية والتشريحية وبعض المواد الفعالة طبياً في أوراق نبات المورنجا أوليفيرا *Moringa oleifera* Lam. .

2 - تقييم تأثير الرش الأرضي والورقي بالحديد المعدني والنانوي المخلبي على الصفات المذكورة أعلاه لنبات المورنجا.

3- تأثير نوع السماد المضاف (المعدني والنانوي) في نمو النبات .

الفصل الثاني

استعراض المراجع

Literature Review

أستعراض المراجع : Review of Literatures

2 – 1 : مقدمة عن النباتات الطبية

تُعد المملكة النباتية مصدر الغذاء الأساسي الذي نأكله ومصدر الأوكسجين الذي نتنفسه وهي أيضا المصدر الرئيس للأدوية التي نتعالج به ، ولا شك في أنه حدث في الآونة الأخيرة عودة إلى الأدوية النباتية بعد أن أهملت مدة من الزمن على أمل إستخلاص المواد الفعالة منها . ومن الثابت أن الشعوب القديمة قد أستعملت العديد من الأعشاب الطبية في علاج المرضى في أوروبا وآسيا وبلدان حوض البحر المتوسط والهند والصين وتعتبر بمثابة العمود الفقري للأدوية التقليدية كأدوية مسكنة أو منشطة أو مجهضة أو مانعة للحمل أو مدرة للبول أو للحليب أو مقوية للجنس أو منظمة للعادة الشهرية ولتنظيم الإكثار وقد تفاوت تركيز المواد الفعالة في النباتات حسب مرحلة النمو والظروف البيئية خلال اليوم ووفقاً لمنظمة الصحة العالمية يستخدم أكثر من 80٪ من السكان داخل البلدان النامية الأدوية العشبية والأدوية التقليدية الأخرى لعلاج أمراضهم الشائعة (W.H.O., 1998) .

إنَّ للنباتات والأعشاب الطبية مكانة كبيرة في الإنتاج الزراعي والصناعي في العالم لأنها تعد مصدر رئيس للعقاقير الطبية النباتية أو مصدر للمواد الفعالة التي تدخل في تحضير الدواء (الزبيدي وآخرون،1996) ، وفي مجال الصناعة كإستخراج الزيوت النباتية وصناعة العطور ومواد التجميل وصناعة السكاير والصناعات النسيجية وقد أستعملت أيضاً في مجال مكافحة الحشرات Insecticides وفي مكافحة الإدغال Herbicides إذ إن المستخلصات المائية للنباتات الطبية تحتوى على مواد فعالة لها القدرة على تثبيط إنبات ونمو الأدغال المرافقة لبعض المحاصيل (الطائي،2004) . وفي الممارسات الطبية ومنذ آلاف السنين أسهمت بشكل كبير في الحفاظ على صحة الإنسان ولا تزال غالبية سكان العالم في البلدان النامية تعتمد على الأدوية العشبية لتلبية إحتياجاتها الصحية وإزداد الإهتمام الذي توليه السلطات الصحية لإستخدام الأدوية العشبية بشكل كبير لأنه غالباً ما يكون الدواء الوحيد المتاح في المناطق الأقل تطورًا ولأنه أصبح الطب البديل الشائع في المناطق الأكثر تقدماً (Gurib-Fakim, 2006) .

كما تعد النباتات الطبية أهم المصادر الطبيعية لمضادات الأكسدة كالمركبات الفينولية والفلافونويدات والتي تفوقت بشكل كبير على كل من فيتامين C و E والكاروتينات (Dai and Mumper, 2010) ، وتم إستعمال الأدوية العشبية كعلاج رئيس في الأنظمة الطبية التقليدية (Rahmatullah *et al.*, 2011) ، وقد تزايد إستعمال النباتات الطبية بسبب الآثار الجانبية

للأدوية الاصطناعية كونها تشكل موارد طبيعية للمركبات الدوائية والتغذوية للوقاية من الأمراض وعلاجها (Sohaimy *et al.*, 2015) .

قد تكون النباتات الطبية بأشكال مختلفة فبعضها على شكل أشجار كبيرة أو شجيرات أو نباتات معمرة وحولية ومنها أشجار المورينجا أوليفيرا .

2 -2 : وصف النبات وأهميته

2 – 2 – 1 : التوزيع الجغرافي والوصف النباتي للمورنجا

تعد شجرة المورينجا أوليفيرا .*Moringa oleifera* Lam حديثة الزراعة في العراق وهي من أكثر النباتات قيمةً في العالم من الناحية العلاجية لكونها سريعة النمو وقد يصل أرتفاعها إلى ثلاثة أمتار بعد 10 أشهر وأكثر أنواع عائلة الـ Moringaceae المعروفة وأكثرها إنتشاراً(Fahey, 2005) .

تنمو شجرة المورينجا أوليفيرا بسرعة في مواقع مناسبة لها مع زيادة إرتفاع تتراوح من 1 إلى 2 م في السنة خلال السنوات الثلاث إلى الأربع الأولى ومن غير المعروف كم من الوقت تعيش الأشجار عادة ، وفي تجربة أجراها Munyanziza and Sarwatt (2003) في ظل ظروف الأمطار في تنزانيا وصلت الشتلات المزروعة في المشاتل إلى إرتفاع متوسط قدره 4.1 م خلال السنة الأولى ، في حين بيّن Parrotta (1993) أن الأشجار نادراً ما تنمو أطول من 10 إلى 12 مترًا ليصل إرتفاعها أحياناً إلى 16 متراً بأقطار جذعية تصل إلى 75 سم .

تسمى شجرة المورينجا أوليفيرا بالشجرة المعجزة Miracle plant موطنها الهند وتنمو في المناطق الإستوائية وشبه الإستوائية في العالم وتسمى أيضاً بأسم شجرة فجل الحصان ويمكن أن تتحمل المورينجا ظروف الجفاف القاسية وظروف الصقيع المعتدل وتكون أوراقها غنية بالمعادن والفيتامينات والمواد الكيميائية الأخرى ، كما تنمو في جميع الترب ولكنها تفضل التربة الرملية أو الغرينية المجففة جيداً التي تكون قليلة القلوية ويمكن أن تتحمل درجة تفاعل التربة من 5 إلى 9 ، ويمكنها أيضاً أن تتحمل التربة الطينية ولكن لا يمكنها أن تتحمل قطع المياه عنها وسوء تصريفها (Nouman *et al.*, 2014; Palada and Chang, 2003) ، وقد نجحت زراعتها بشكل جيد في المناطق الرملية القاحلة حيث تعطي ثمارها خلال السنة الأولى من النمو (Fuglie, 2001b) .

صورة 1 : أوراق نبات المورينجا أوليفيرا

صورة 2 : أزهار نبات المورينجا أوليفيرا

صورة 3 : جذر نبات المورينجا أوليفيرا

صورة 4 : بذور نبات المورينجا أوليفيرا

كما تمتاز بسرعة إنبات بذورها والتي تنبت بعد 5-12 يوماً من الزراعة ويمكن إكثارها بالبذور أما بزراعة البذور مباشرةً في الأرض أو كشتلات كذلك يمكن إكثارها بالعقل بطول 1 م وقطر 4-5 سم (Thurber and Fahey, 2009) .

يعود تاريخ نبات المورينجا *Moringa* إلى 150 سنة قبل الميلاد حيث تكشف الأدلة التاريخية أن الملوك والملكات القدماء أستخدموا أوراق وثمار المورينجا في نظامهم الغذائي للحفاظ على اليقظة العقلية وصحة الجلد ، ولهذا أستعمل مستخلص أوراق المورينجا في الهند في تغذية المحاربين المورييين لأعطائهم طاقة إضافية وتخفيف الإجهاد والألم الناجم عن الحرب (Dhakar *et al.*, 2011) .

ذكر Doerr *et al.*(2009) إن المورينجا أوليفيرا هي شجرة صغيرة أو متوسطة الحجم دائمة الخضرة أو متساقطة تنمو بسرعة يتراوح أرتفاعها من 5 إلى 12 متراً مع تاج مفتوح على شكل مظلة في قمتها وجذع مستقيم ، الأوراق دائمة الخضرة أو متساقطة (حسب المناخ) لها وريقات عرضها 1 إلى 2 سم وجذرها من نوع وتدي متضخم ، في حين أوضح Ayerza(2011) إن شجرة المورينجا أوليفيرا تنمو بشكل أفضل في نطاق درجة حرارة 25-35 م تحت أشعة الشمس المباشرة على الرغم من أنه يمكن أن تتحمل درجات الحرارة العالية حتى 48 م والبرودة الشديدة في الشتاء ومجموعة متنوعة من ظروف التربة الأخرى ، وأشار Leone *et al.*(2016) في دراستهم إلى أن نبات المورينجا أوليفيرا *M. oleifera* Lam. هو من بين 13 نوعاً الذي يحظى بإهتمام أكبر في جميع أنحاء العالم كونه من بين أهم محاصيل الأشجار إقتصادياً خاصة في البلدان سهولة زراعتها ونموها في مختلف الظروف المناخية والجغرافية وذات إنتاجية عالية والإستخدامات المتعددة الأغراض لجميع الأجزاء النباتية (أوراق ، أزهار ، ثمار غير الناضجة ، بذور ، إلخ) مع أهميته التغذوية للإنسان والحيوان والإستخدام التقليدي للأغراض الطبية والزراعية وتنقية المياه . أوضح Kshirsagar *et al.*(2016) إن الأوراق تكون خضر شاحبة إلى خضر داكنة اللون ومركبة وطولها 30-60 سم وهي ريشية ثنائية التريش bipinnate أو على الأغلب ثلاثية إذ يصل طولها إلى 45 سم وهي متبادلة ومرتبة بشكل حلزوني على الأغصان ، كما بيّن Parrotta (2016) أن طول الوريقات يبلغ من 1.2 إلى 2.0 سم وعرضها من 0.6 إلى 1.0 سم والوريقات الجانبية بيضاوية الشكل ويبلغ طول أعناق الوريقات الجانبية من 1.5 إلى 2.5 ملم والوريقات ناعمة مشعرة وخضر .

ذكر Soliva *et al.*(2005) في نتائجهم إن أوراق المورينجا تعد مصدر جيد للبروتين وهو بديل مناسب لوجبات فول الصويا *Glycine max* وبذور اللفت *Brassica rapa* للمجترات وهي قادرة على تحسين بناء البروتين الميكروبي في المعدة الأولى (الكرش) ، وأكدت نتائج

Nouman *et al.*(2014) أن أوراق المورينجا تحتوي على 20.718 و 106.3 ملغم.كغم$^{-1}$ من المغذيات الكبيرة Mg و K ، على التوالي وإن هذه الأوراق تفي بالمتطلبات الغذائية والتغذوية لحيوانات المواشي علاوة على ذلك يمكن أن يساهم خلط أوراق المورينجا مع الأعلاف أو الأعشاب الأخرى في تحسين أداء الماشية وتحسين إنتاجيتها من المنتجات ذات الجودة العالية ، كما وجد Olson *et al.*(2016) أن بروتينات أوراق المورينجا تتراوح 29.1 إلى 35.3 غم / 100 غم من الوزن الجاف .كذلك بيّن Amaglo *et al.*(2010) و Mendieta-Araica *et al.*(2011) إن أوراق المورينجا أوليفيرا غنية بالعناصر الغذائية مثل الحديد والبوتاسيوم والكالسيوم والفيتامينات المتعددة ، وهي ضرورية لزيادة وزن الماشية وإنتاج الحليب ، حيث وجد إن أوراق المورينجا تحتوي أيضًا على 21.8 ٪ بروتين خام (CP) ، و 22.8 ٪ ألياف المنظفات الحامضية (ADF) Acid detergent fibers ، و 30.8٪ ألياف المنظفات المتعادلة (NDF) Neutral detergent fibers ، فضلاً عن 412.0 غم.كغم$^{-1}$ من الدهون الخام ، و 211.2 غم.كغم$^{-1}$ من الكربوهيدرات (Sánchez *et al.* , 2006) ، كل هذه المركبات مفيدة لزيادة الإنتاج الحيواني . وأشار (Anwar *et al.* , 2007) إلى وجود أنواع مختلفة من المركبات المضادة للأكسدة في أوراق النبات يجعلها مصدراً قيماً لمضادات الأكسدة الطبيعية . في حين توصل (Dillard and German 2000) و Rashid *et al.* (2008) إلى أن أوراق نبات المورينجا تعد مصدر جيد للبروتينات وفيتامين C وبيتا كاروتين β-carotene والمعادن ومضادات الأكسدة ، والقرنات غنية بالألياف وإن البذور تحتوي بشكل أساسي على حامض الأوليك Oleic acid (أكبر من 70٪) والذي يمكن إستعماله في مستحضرات التجميل وتعتبر مؤخرًا مصدراً لوقود الديزل الحيوي . وقد بيّنت نتائج Gupta *et al.* (2018) إن أوراق نبات المورينجا غنية بالكاروتينات وألفاتوكوفيرول α-tocopherols والحديد وحامض الفوليك والأحماض الدهنية fatty acids وغيرها ، وأوضح (Brilhante *et al.*, 2017) أن المورينجا هو نبات ذو قيمة غذائية وطبية عالية موطنها الهند ، وهي الآن موزعة على نطاق واسع في جميع أنحاء المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية من العالم ونظرًا لقيمتها الغذائية العالية والعديد من الخصائص الطبية ، قد تعمل هذه الشجرة كبديل غذائي وطبيعي للسكان المهملين إجتماعياً .

الأزهار بيضاء أو صفراء مائلة الى بيضاء اللون وذات عطراً جذاباً وثنائية الجنس تحمل على حاملات نحيفة peduncles ذات شعيرات تنتشر أو تتدلى على شكل مجاميع إبطية (عناقيد زهرية) بطول 10-25 سم (Parrotta, 2016) ، ويبلغ طولها من 0.7 إلى 1 سم تقريباً مع خمس أوراق تويجية بيضاء مصفرة غير متساوية وعروق رقيقة وخمس أسدية مع خمس أسدية أخرى تكون أصغر وعقيمة (Staminodes) ومدقة مكونة من مبيض ذو خلية واحدة وقلم نحيف

(Ramachandran *et al.*, 1980) ، وكما بيّن (Pontual *et al.*, 2012) أن أزهار نبات المورينجا أوليفيرا تكون غنية بالبوتاسيوم والكالسيوم ومضادات الأكسدة منها ألفا وكاما توكوفيرول (α و γ-tocopherol) وتستعمل في النظام الغذائي البشري ، ولا سيما الفلبين وهي مصدر رحيق للنحل . وتوصل (Anwar *et al.*, 2007) إلى أنه تم إستخلاص أزهار المورينجا بأستخدام الكحول ومستخلص مائي وأكتشف أنه يحتوي على كيورسيتين وهو من الفلافونويدات وكذلك تحتوي أزهار المورينجا على تسعة أحماض أمينية وسكروز وكلوكوز وقلويدات وشمع وبعض الأصباغ .

الثمار متناثرة ، خطية ، من نوع العلبة capsule مع تسعة حواف طولية يبلغ طولها عادة من 20 إلى 50 سم ، ولكن في بعض الأحيان تصل إلى 1 م أو أكثر وعرضها من 2.0 إلى 2.5 سم (Roloff *et al.*, 2009) ، وتحتوي كل من هذه العلب على ما يصل إلى 26 بذرة خضراء داكنة أثناء تطورها وتستغرق حوالي 3 أشهر لتنضج بعد الإزهار (Palanisamy *et al.*, 1985) ، وتتحول إلى اللون البني عند النضج وتفتح طولياً على طول الزوايا الثلاث وتحرر البذور ذات اللون البني الداكن المثلثة الشكل إذ يبلغ طول البذرة حوالي 1 سم وثلاثية الأجنحة ذات أوراق بيضاء على الزوايا وتختلف أوزان البذور حيث تتراوح من 3000 إلى 9000 بذرة للكيلوغرام (Bhargave *et al.*, 2015) . الثمار (العلب) بدايةً تكون خضراء فاتحة وفي النهاية تصبح خضراء داكنة وطويلة ، إعتمادًا على الأنواع وعند النضج تكون البذور الجافة مستديرة أو مثلثة ويكون اللب محاط بقشرة خشبية خفيفة مع ثلاثة أجنحة ورقية (Doerr *et al.*, 2009) .

ذكر Makkar and Becker (1997) إن ثمار المورينجا تؤكل كخضروات مغذية مطبوخة أو مخللة فهي غنية بمعادن الثيامين والبروتين وبيتا كاروتين والرايبوفلافين وفيتامين A وC وكذلك تحتوي الثمار على السايتوكينينات cytokinins ، بينما أفاد (Mehta *et al.*, 2003) أن ثمار المورينجا تساعد في خفض الكولسترول في الدم والفوسفوليبيد phospholipid والدهون الثلاثية triglycerides وخفض كثافة البروتينات الدهنية (LDL) ونسبة الكولسترول إلى الفوسفوليبيد phospholipid ، ولاحظ (Patel *et al.* , 2010) أن الهند هي أكبر منتج لثمار (العلب) المورينجا أوليفيرا حيث إن إنتاجها السنوي يتراوح بين 1.1 - 1.3 مليون طن في مساحة 38000 هكتار . كما أشار Muyibi and Evison (1995) في دراستهما إن بذور المورينجا هي واحدة من أفضل أنواع المخثرات الطبيعية التي تم اكتشافها حتى الآن لذلك تعد البذور المطحونة للنبات هي بديل قابل للتطبيق للمخثرات الاصطناعية في السودان ويتم إستعمال خلاصة خام البذور بدلاً من الشب من قبل النساء الريفيات لمعالجة مياه النيل العكرة للغاية وذلك بسبب الخوف التقليدي من الشب الذي يسبب إضطرابات في الجهاز الهضمي ومرض الزهايمر ويمكن لبذور المورينجا أوليفيرا أن تقلل من عكورة الماء بنسبة تتراوح مابين 92 – 99 ٪ .

وأكد Sutalangka *et al.*(2013) و Rockwood *et al.* (2013) أن بذور نبات المورينجا أوليفيرا تحتوي على مضاد حيوي هو (pterygospermin) وعلى الأحماض الدهنية مثل حامض اللينولينيك linolenic وحامض اللينوليك linoleic وحامض الأوليك oleic (زيت البن) وكذلك تحتوي على المواد الكيميائية النباتية مثل الصابونيات والتانينات والفينولات والفلافونويدات بالأضافة إلى إحتوائها على الألياف والدهون والمعادن والبروتينات والفيتامينات والأحماض الأمينية وغيرها ، وتوصل Mall and Tripathi (2017) إلى أن بذور المورينجا أوليفيرا قادرة على جذب البكتيريا والفيروسات الموجودة في المياه الملوثة والعكرة والالتصاق بها بسرعة .

اللحاء رمادي مائل للبياض وسميك وناعم وفليني ويصبح خشناً وعند الجروح ينضح اللحاء صمغاً يكون لونه أبيض في البداية ولكنه يتغير إلى اللون البني المحمر أو الأسود البني عند التعرض لظرف خارجي والخشب ناعم ورقيق بكثافة 0.5 إلى 0.7 غم / سم^3 (Parrotta, 2016) . أن جذر المورينجا هو من الجذور الوتدية المتضخمة ذات اللون الأبيض والذي يتميز برائحة مميزة وجذور جانبية منتشرة بشكل كبير نشأت من الشتلات ، ومع ذلك إذا تم زرع الأشجار من خلال البذور فسوف ينمو الجذر الرئيسي عميقاً مع الجذور الجانبية الدرنية السميكة الواسعة الانتشار (Roloff *et al.* , 2009) . وقد بيّن Morton (1991) إن إنتاج الثمار يبدأ في وقت مبكر من 6 إلى 8 أشهر بعد الزراعة في حالة الأشجار المزروعة من عقل الساق والفروع وعادةً ما تكون غلة الثمار منخفضة خلال العامين الأولين ولكن من السنة الثالثة فصاعداً يمكن أن تنتج شجرة واحدة ما بين 600 - 1600 ثمرة كل عام .

2 – 2 – 2 : الموطن الأصلي للنبات ومناطق إنتشاره

يعد نبات المورينجا أوليفيرا من نباتات المناطق الإستوائية وشبه الإستوائية من العالم ويكون مواطنها في مناطق شبه الهيمالايا وشمال شرق الهند وغربها وفي الباكستان كما أنها منتشرة على نطاق واسع في جنوب شرق آسيا وأفريقيا الاستوائية وأمريكا الاستوائية إذ تم إدخالها في العديد من البلدان الدافئة في المناطق المدارية (Janick and Paull, 2008; Sabale *et al.*, 2008) ، كما بيّن Morton (1991) و Somali *et al.* (1984) أن موطن نبات المورينجا أوليفيرا هو أفريقيا وآسيا الصغرى وشبه القارة الهندية كذلك يتم توزيعها في الفلبين وكمبوديا وأمريكا الوسطى وأمريكا الشمالية والجنوبية وجزر الكاريبي . ذكر Fahey (2005) أن نبات المورينجا يتم توزيعه بشكل رئيس في الهند و بنغلاديش وإثيوبيا والفلبين والسودان ويتم زراعته في غرب وشرق وجنوب إفريقيا وآسيا الإستوائية وأمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي وفلوريدا وجزر المحيط الهادي ، وتزرع على نطاق واسع في جزر الهند الغربية . كما أشار Mridha (2015) في بحثه أنه يتم

توزيع أنواع مختلفة من المورينجا في جميع أنحاء العالم إذ تنمو إما كنباتات محلية أو نباتات مدخلة في أكثر من 60 دولة مختلفة منها في آسيا هناك 20 دولة وفي أفريقيا (18) دولة وفي أمريكا الشمالية (3) دول وفي أمريكا الوسطى ومنطقة البحر الكاريبي (14) دولة وفي أمريكا الجنوبية (3) دول .

2 – 2 – 3 : الأهمية الغذائية للنبات

إن شجرة المورينجا أوليفيرا تنتمي إلى عائلة Moringaceae وهي علاج فعال لسوء التغذية وتكون غنية بالمواد المغذية في أوراقها وقرناتها وبذورها ، وإن أوراق نبات المورينجا يحتوي 7 أضعاف فيتامين (C) أكثر من البرتقال و 10 أضعاف فيتامين (A) من الجزر و 17 مرة أكثر من الكالسيوم من الحليب و 9 أضعاف البروتين أكثر من اللبن و 15 مرة أكثر من الموز للبوتاسيوم و 25 مرة أكثر من الحديد من السبانخ (Rockwood *et al.* , 2013) ، وتعد شجرة المورينجا مادة غذائيـة مهمة متعددة الأغراض تستخدم كطعام وكدواء وإنتاج الزيت وحظيت بإهتمام كبير كغذاء طبيعي في المناطق الإستوائية إذ تستخدم الأجزاء المختلفة من شجرة المورينجا (أي الأوراق والثمار والأزهار والقرنات غير الناضجة) كخضروات عالية التغذية فـي العديد من البلدان (Anwar *et al.*, 2007) . وقد بيّن Owusu *et al.* (2008) في نتائجه أن أوراق نبات المورينجا أوليفيرا تحتوي على كميات كبيرة من العناصر الغذائية ويمكن تضمينها في الوجبات اليومية كمكملات غذائية حيث يمكن أن تؤكل طازجة أو مطبوخة ويمكن أن تجفف وتطحن في صورة بهارات .

كما ذكر Oduro *et al.*(2008) في نتائجهم في غانا ، أن 100 غرام من أوراق المورينجا يمكن أن يزود المرأة أكثر من ثلث إحتياجاتها اليومية من الكالسيوم ويعطيها كميات مهمة من الحديد والبروتين والنحاس والكبريت وفيتامينات B ، كما بيّن الباحثون أن أوراق المورينجا تحتوي على مستويات عالية من الكالسيوم والحديد والبروتينات مما يجعلها مصدرًا غنياً جداً بالمغذيات الغذائية مقارنةً بأوراق البطاطا الحلوة . وأعتبر Kasolo *et al.*(2010) أن كل جزء من نبات المورينجا أوليفيرا هو مخزن للعناصر الغذائية إذ أن الأوراق تكون غنية بالعناصر المغذية مثل الكالسيوم والبوتاسيوم والزنك والمغنيسيوم والحديد والنحاس .

كما لاحظ Amaglo *et al.*(2010) في نتائجهم أن أوراق المورينجا أوليفيرا هي مصدر غني بالحديد إذ بلغ (17.5 ملغم/100 غم وزن جاف) . وجد Singh(2010) و Mbikay(2012) في دراستهم أن أورق المورينجا يمكن أن تؤكل طازجة أو مطبوخة أو مخزنة كمسحوق جاف لعدة أشهر بدون تبريد دون أن تفقد قيمتها الغذائية ، كما توصل Mishra *et al.* (2012) إلى إستخدام أشجار المورينجا لمكافحة سوء التغذية خاصة بين الرضع والأمهات المرضعات حيث إن ملعقة كبيرة 8غم

من مسحوق الأوراق تجهز حوالي 14٪ من البروتين و 40٪ من الكالسيوم و 23٪ من الحديد وجميع إحتياجات فيتامين A تقريباً للأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين 1-3 سنة وأن ستة ملاعق كاملة من مسحوق الأوراق هي كافية لجميع إحتياجات المرأة اليومية من الحديد والكالسيوم أثناء الحمل والرضاعة الطبيعية . وذكر Leone *et al.* (2015) إن أوراق نبات المورينجا هي مصدر جيد للعناصر K و Mg و Ca و P و Zn و Fe و Cu و Mn والفيتامينات A و B و C و D و E و بيتا كاروتين .

تحتوي شجرة المورينجا أوليفيرا على أكثر من 90 مركباً كيميائياً غذائياً بما في ذلك البروتينات والدهون والكاربوهيدرات والألياف الغذائية حيث يتم إستخدامها في المناطق الإستوائية كمصدر غذائي للتغلب على سوء التغذية خاصة عند الأطفال والرضع وهي مفيدة جداً لسكان المناطق الفقيرة (Fahey, 2005) . وأوضح (Moyo *et al.*, 2011) أن من بين العديد من العناصر الغذائية الموجودة في أجزاء مختلفة من النبات هي البروتينات الأكثر وفرة وتمثل ما يقرب من 20 ٪ من الوزن الجاف كما تحتوي المورينجا أوليفيرا أيضاً على العديد من المعادن والفيتامينات (جدول 1) .

جدول 1 : محتوى الأوراق والثمار والبذور من المواد الغذائية (Moyo *et al.*, 2011)

	(غم/ 100 غم / نبات) مورينجا أوليفيرا		
العناصر الغذائية	البذور	الثمار	الأوراق
البروتينات	25.0–30.3	6.7–43.5	29.4–38.3
الدهون	0.1–10.6	0.1–5.1	30.8–41.2
الكربوهيدرات	0.1–43.9	0.1–38.2	0.1–21.1
الألياف	0.1–28.5	0.1–27.0	0.1–7.2

جدول 2 : القيمة الغذائية لأوراق نبات المورينجا الطرية والجافة (Qureshi and Solanki, 2015)

100 غم من الأوراق الطرية	100 غم من الأوراق الجافة
4 أضعاف فيتامين A في الجزر	10 أضعاف فيتامين A في الجزر
7 أضعاف فيتامين C الموجود في البرتقال	12 ضعف فيتامين C الموجود في البرتقال
4 أضعاف كالسيوم الحليب	17 ضعف كالسيوم الحليب
3 أضعاف بوتاسيوم الموز	15 ضعف بوتاسيوم الموز
¾ حديد السبانخ	25 ضعف حديد السبانخ
2 ضعف بروتين في اللبن الزبادي	9 أضعاف بروتين الزبادي

جدول 3 : محتوى الأوراق والثمار والبذور من العناصر الغذائية والفيتامينات (Mensah *et al.*, 2012)

المعادن	(ملغم/ 100 غم / نبات) مورينجا أوليفيرا		
	البذور	الثمار	الأوراق
الكالسيوم	440–3650	30.0–237.7	263.5
المغنيسيوم	24–1050	9.6–83.4	78.4
كبريت	137–925	137	ND
صوديوم	164.0–272.1	210.5	ND
البوتاسيوم	259–20 616	259.0–2097.2	ND
الفوسفور	70–300	110.0–194.3	ND
حديد	0.85–126.20	4.4–15.5	44.8
الزنك	0.16–3.30	ND	ND
النحاس	0.6–1.1	2.7–3.5	1.3
الفيتامينات			
A	6.78–18.90	ND	ND
B2	0.05–20.50	ND	ND
B3	0.8–8.2	ND	ND
B7	423	ND	ND
B12	0.06–2.64	ND	ND
C	17.3–220.0	ND	ND
E	77	ND	ND

ND: Not determined. (غير محدد)

ولاحظ Arise *et al.* (2014) أن طعم أزهار نبات المورينجا يشبه طعم فطر المشروم عند القلي وتعد أزهار المورينجا مصادر غنية بالرحيق لذلك أستخدمت في تربية النحل . أظهر Sánchez-Machado *et al.* (2010) في بحثهم على نبات المورينجا أن القرنات غير الناضجة تحتوي على حوالي 46.78 ٪ من الألياف و 20.66 ٪ من البروتين وعلى 30 ٪ من محتوى الأحماض الأمينية وتحتوي البذور بعد إزالتها أحياناً من القرنات الناضجة والتي تؤكل مثل البازلاء على مستويات عالية من فيتامين C وكميات معتدلة من فيتامينات B والمعادن الغذائية . توصل Tsaknis *et al.* (1999) في دراستهم إلى أن زيت بذور نبات المورينجا يكافئ زيت الزيتون من حيث الخصاص الفيزيائية والكيميائية ومحتواه من التوكوفيرول ، وذكر Gallão *et al.* (2006) إن بذور المورينجا تتكون على الأغلب من البروتينات بنسبة 40٪ تليها الدهون 18.8٪ والنشأ 6.02٪ والسكريات تكون قليلة وبنسبة 3.31٪ والسكريات القابلة للذوبان 3.14 ٪ ويكون سعر الزيت المستخرج من البذور مرتفع حيث يباع اللتر الواحد منه في أمريكا بسعر 50-60 دولار .

2 – 2 – 4 : الأهمية الطبيَّة لنبات المورينجا

ذكرت منظمة الصحة العالمية أن النباتات الطبية هي أفضل مصدر للحصول على مجموعة متنوعة من الأدوية (Olayemi *et al.* , 2016) إذ تتمتع النباتات الطبية بإمكانية أكبر لإفادة الناس وخاصة أولئك الذين يعيشون في البلدان التي تعاني من الفقر وسوء الوضع الصحي وسوء التغذية والعاطلين عن العمل . بيّن Arora *et al.* (2013) و Anwar *et al.*(2007) إن شجرة المورينجا مهمة جداً لقيمتها الطبية حيث تستعمل أجزاء مختلفة منها مثل الأوراق والجذور والبذور واللحاء والثمار والأزهار والقرنات غير الناضجة كمحفزات للقلب والدورة الدموية ومضادات للأورام والسرطان والصرع والإلتهابات والقرحة والتشنج والسكري والكبد ومضادات للأكسدة والبكتريا والفطريات وخافض للحرارة وضغط الدم والكولسترول وفي علاج الأمراض المختلفة في الطب المحلي (الشعبي) وخاصة في جنوب آسيا . إن من أهم وظائف الجهاز المناعي هي منع مسببات الأمراض وتكاثرها وتلفها للأنسجة وقد ثبت أن نبات المورينجا أوليفيرا يكون مضاداً للبكتيريا والفطريات والفيروسات والمضادات الحيوية مما يزيد من قدرة الجهاز المناعي بالإضافة إلى قدرة نبات المورينجا الفعالةً في إزالة السموم (Viera *et al.*, 2010) . تم إستخدام أجزاء من نبات المورينجا المختلفة كعوامل مضادة للسرطان مثل البذور (Guevara *et al.*, 1999) وعوامل مضادة لطفيليات التريبانوسوما *Trypanosoma* مثل أوراق وجذور المورينجا (Mekonnen *et al.*, 1999) وعوامل مضادة للإلتهابات وأمراض الكبد مثل ثمار ولحاء ساق المورينجا (Kurma and Mishra, 1998; Rao and Mishra, 1998) . أكدت نتائج Ndong *et al.* (2007) في تجاربهم على جرذان نوع Wistar و Goto- Kakizaki المصابة بداء السكري من النوع الثاني التأثير الإيجابي لأوراق المورينجا أوليفيرا في خفض مستويات الكلوكوز في الدم . أثبت Verma *et al.* (2009) و Atawodi *et al.*(2010) أن أعلى قيمة علاجية لنبات المورينجا أوليفيرا كمضادات أكسدة تتواجد في الأوراق والبذور والأزهار والثمار (القرنات) ويمكنها أن تقلل الأصابة بالسرطان وغيرها من الأضرار التي تلحق بالخلية ، إذ أشار Hamza and Azmach (2017) إلى أن شجرة المورينجا دواء لكل داء ويمكن أستعمالها لعلاج ما لا يقل عن 300 مرض كما تستعمل لزيادة حليب الثدي لدى الأمهات المرضعات .

ذكر Abd Rani *et al.*(2018) و Siddhuraju and Becker (2003) في دراستهم أن نبات المورينجا أوليفيرا يحتوي على مواد كيميائية نباتية مختلفة تشمل الكاروتينات والفيتامينات والمعادن والأحماض الأمينية والستيرولات والكلايكوسيدات والقلويدات والفلافونويدات والفينولات والتي تستعمل طبياً لعلاج العديد من الأمراض كالإلتهابات الجلدية وغيرها .

كما أظهر Hassan *et al.*(2018) أثناء تجربتهم على مجاميع من الفئران خلال الفحص المجهري إن مستخلص أوراق نبات المورينجا Moringa oleifera ethanolic extract قد أدى إلى تقليل إضطراب الكبد وتعزيز مناعة الجسم . أستنتج Qureshi and Solanki (2015) أن العديد من البلدان يستعملون أوراق المورينجا كطب تقليدي لعلاج الأمراض الشائعة حيث بدأت الدراسات السريرية تشير إلى أن القيمة الطبية الكبيرة لنبات المورينجا وهناك حاجة ماسة إلى المزيد من الاختبارات السريرية في الوقت نفسه حيث توصلت هذه الدراسات إلى نتائج متميزة وقد تصبح هذه الأوراق مورداً غالياً في المناطق التي تكون فيها طرائق العلاج الأخرى نادرة ، ففي غواتيمالا يتم إستعماله لإلتهابات الجلد والقروح وفي الهند يتم إستعماله لعلاج فقر الدم والقلق والربو والرؤوس السوداء وإلتهاب الشعب الهوائية والزكام وإحتقان الصدر والكوليرا وإلتهاب الملتحمة والسعال والإسهال وإلتهابات العين والأذن والحمى والتورم الغدي والصداع وضغط الدم غير الطبيعي والهستيريا وألم في المفاصل والصدفية وإضطرابات الجهاز التنفسي والإسقربوط ونقص السائل المنوي وإلتهاب الحلق والسل . وفي ماليزيا وبورتوريكو وفنزويلا يتم إستعماله كعلاج للديدان المعوية . وفي نيكاراغوا يتم إستعماله لعلاج الصداع والإلتهابات الجلدية والقروح ، وفي الفلبين ، يتم إستعماله لعلاج فقر الدم والتورم الغدي والرضاعة ، ويتم إستعماله في السنغال لعلاج مرض السكري والحمل والإلتهابات الجلدية والقروح ، ويتم إستعماله لعلاج التهاب القولون والإسهال والإستسقاء والزحار والسيلان واليرقان والملاريا وقرحة المعدة والأورام والإضطرابات البولية والجروح . في حين أشار (Mutiara *et al.* (2013 إلى إن شجرة المورينجا غنية بالستيرولات النباتية مثل Stigmasterol و Sitosterol و Campesterol وهي مواد أولية للهرمونات وتزيد هذه المركبات من إنتاج هرمون الإستروجين Estrogen مما يحفز بدوره توالد قنوات الغدة الثدية لإنتاج الحليب حيث يتم إستخدامها لعلاج سوء التغذية لدى الأطفال الذين تقل أعمارهم عن ثلاث سنوات . ولاحظ Owusu *et al.*(2008) يمكن إستعمال أوراق المورينجا في النظام الغذاي لمعالجة السمنة لإحتوائها على سعرات حرارية منخفضة وتستعمل ثمارها في علاج مشاكل الجهاز الهضمي وتمنع سرطان القولون .

كما إستنتج Sujatha and Patel (2017) إن مستخلصات أوراق نبات المورينجا أوليفيرا وبذورها وجذورها لها تأثيرات مضادة للسرطان ومضادة لأمراض الكبد ونقص سكر الدم ومضاد للإلتهابات ومضاد للبكتيريا وللفطريات وللفيروسات وقد تحمي أيضاً من مرض الزهايمر وقرحة المعدة وتساعد على خفض مستويات الكوليسترول وتساعد على التئام الجروح .

تم إستعمال أوراق نبات المورينجا لعلاج أمراض مختلفة من الملاريا وحمى التيفوئيد وإرتفاع ضغط الدم وداء السكري (Sivasankari *et al.* , 2014) ، إذ تمت الإشارة إلى أن الجذور

واللحاء والصمغ والأوراق والثمار (القرنات) والأزهار والبذور وزيت البذور من شجرة المورينجا لها فعالية بيولوجية مختلفة بما في ذلك الحماية من قرحة المعدة ومضادات السكر (Oyedepo *et al.*, 2013) وضغط الدم (Faizi *et al.*, 1998) و تأثيرات مضادة للالتهابات (Rao and Mishra, 1998) ، وقد ثبت أيضًا أنه يحسن وظائف الكبد والكلى وتنظيم حالة هرمون الغدة الدرقية (Tahiliani and Kar, 2000) . أن الجرعة الزائدة من أوراق المورينجا أوليفيرا قد تسبب تراكم عالي من الحديد ويمكن أن يسبب أرتفاع الحديد إضطرابات في الجهاز الهضمي وداء ترسب الصبغات الدموية hemochromatosis ولذلك يفضل أن تكون الجرعة اليومية 70 مل من أوراق المورينجا وهي كافية وجيدة وتمنع تراكم العناصر الغذائية (Asiedu-Gyekye *et al.*, 2014) . وأظهر Adeyemi and Elebiyo (2014) في دراستهما أن تغذية الفئران بنبات المورينجا يمكن أن يزيد من محتوى البروتين ويقلل مستويات اليوريا والكرياتينين في الدم مما يمنع الفشل الكلوي .

أوضح Pandey *et al.* (2019) أن المواد الكيميائية النباتية مثل الفلافونويدات والصابونيات والقلويدات وغيرها تكون مسؤولة عن القيمة الطبية لنبات المورينجا وهذه المواد تكون غنية بالبروتينات والأحماض الدهنية والفيتامينات والمعادن والتي تشكل جزءاً من جودتها كطعام للأنسان ولها خصائص قوية مضادة للميكروبات والأكسدة والإلتهابات وحماية الكبد ومدر للبول وطاردة للديدان وغيرها حيث يستعمل نبات المورينجا في الهند هذا النوع لعلاج الأمراض الشائعة لتوفره وسهولة تحضيره لكونه يمتلك قيمه غذائية وطبية وصيدلانية وصناعية .

وأظهرت العديد من الدراسات المختبرية لمستخلصات جذور وسيقان وأوراق وأزهار وقرون وبذور نبات المورينجا أوليفيرا تثبيطاً لنشاط البكتريا موجبة جرام مثل المكورات المعوية والمكورات العنقودية والبكتيريا سالبة جرام مثل السالمونيلا المعوية و *Escherichia coli* (Arora and Onsare, 2014) . وأفاد Roloff *et al.* (2009) أن زهرة المورينجا تحتوي على مركب مضاد للجراثيم pterogospermin وهو مضاد حيوي فعال للغاية في علاج الكوليرا وكذلك تستعمل هذه الزهور كمقوي ومدر للبول . وقد لاحظ Mbikay(2012) في نتائجه أنه عندما عولجت مجموعة من الجرذان بحوالي 500 ملغم من مسحوق بذور المورينجا / كغم من وزن الجسم زادت الإنزيمات المضادة للأكسدة في المصل وهذا يدل على أن مضادات الأكسدة الموجودة في المورينجا يمكن أن تؤدي إلى إنخفاض أنواع الأوكسجين التفاعلية (الجذور الحرة) ROS التي تسببها خلايا بيتا . وكشف Al-Malki and El Rabey(2015) في نتائجهم أن ذكور الجرذان المصابة بمرض السكري سبب حقنها بمادة streptozotocin (STZ) عند معاملتها بجرعات منخفضة (50 ملغم .كغم$^{-1}$ من وزن الجسم) من مسحوق بذور المورينجا أعطت نشاطاً

آمناً ومضاداً ممتازاً لمرض السكري بسبب محتواه العالي من المركبات المضادة للأكسدة مثل الكلوكومورين glucomoringin والفينولات والفلافونويدات وهذا كاد أن يعيد الفئران المصابة بداء السكري إلى الحالة الصحية الطبيعية .

2 – 2 – 5 : الأهمية الأقتصادية لنبات المورينجا

وقد أستفادت العديد من البلدان النامية الفقيرة من شجرة المورينجا أوليفيرا بإعتبارها شجرة متعددة الأغراض وقد أخذت القيمة الإقتصادية لهذه الشجرة وإستعمالاتها إهتمام الباحثين والعاملين في التنمية وكذلك المزارعين ويمكن إستخدامها بشكل فعال كمبيد حيوي طبيعي ومثبط للعديد من مسببات الأمراض النباتية (Palada and Chang, 2003) .

كما أوضح Makkar and Becker (1997) أن شجرة المورينجا لها أهمية إقتصادية في إنتاج العديد من السلع مثل الزيوت والأطعمة والتوابل والأدوية . ووفقاً لماذكره Bezerra *et al.*(2004) بأن شجرة المورينجا وبصرف النظر عن إن لها مجموعة من التطبيقات الصناعية والطبية فهي تستعمل لتنقية المياه للإستهلاك البشري كما أن لها أهمية إقتصادية في إنتاج العديد من السلع مثل الشاي والزيوت والأطعمة والتوابل والأدوية ولها إمكانيات في إستعمالها كمبيد للجراثيم المعروفة .

وبيّن Nadeem and Imran (2016) و Mofijur *et al.* (2014) أن أجزاء مختلفة من شجرة المورينجا تستخدم في صناعة العطور ومستحضرات التجميل والعطور وفي صناعة الورق (من خشب جذع الشجرة) ، كما تدخل في صناعة الكثير من العقاقير الطبية والصناعات الغذائية للأنسان وصناعة الأعلاف والصناعات الجلدية وصناعة الأسمدة والمبيدات الحشرية وصناعة الصابون ، كما يستعمل القلف في الدباغة وبذورها في إنتاج الزيت وكمواد تشحيم في الآلات منذ العصور القديمة . وفي الآونة الأخيرة تستعمل لإنتاج وقود الديزل الحيوي Biofuel لأنه يلبي جميع المواصفات الرئيسية لمعايير الديزل الحيوي في الولايات المتحدة وألمانيا وأوروبا . كما وجد Ravikumar and Sheeja (2013) إن مستخلص بذور المورينجا لديه القدرة على إزالة المعادن الثقيلة (مثل الرصاص والنحاس والكادميوم والكروم والزرنيخ) من الماء . وأكدت نتائج Rocha-Filho *et al.*(2015) و Mandloi *et al.* (2004) إن بذور نبات المورينجا أوليفيرا تحتوي على 19 - 47 % زيت ويعرف تجارياً بأسم زيت البن ben oil وهو مشابه لزيت الزيتون ويكون غني بالأحماض palmetic, stearic, and oleic acids ويستعمل للإستهلاك البشري إذ يحظى هذا الزيت بأهتمام كبير لقدرته على إمتصاص الروائح وبسبب قدرته المميزة على معالجة وتحسين جودة المياه لفعاليتها العالية كمخثرات (منخفضة التكلفة) للجسيمات العالقة في المياه لإزالة العكورة وتقليل التلوث الجرثومي والفايروسي من مياه الشرب في المجتمعات الريفية في السودان

وملاوي والهند وميانمار وإندونيسيا والسيطرة على الديدان الطفيلية والتي تسبب بعض الأمراض مثل داء البلهارزيا . وأستنتج El-Hack *et al.* (2018) في دراستهم أنه يمكن إستعمال أوراق نبات المورينجا كمكمل لتحسين كفاءة الأعلاف وأداء الثروة الحيوانية أو إستعمالها كبدائل للمحاصيل التقليدية للحصول على المزيد من الإستدامة الأقتصادية .

2 – 2 – 6 : التصنيف والتسميات الشائعة لنبات المورينجا في العالم

2 – 2 – 6 - 1 : التصنيف Classification USDA(2016)

Classification	
Kingdom	Plantae – Plants
Division	Magnoliophyta – Flowering plants
Class	Magnoliopsida – Dicotyledons
Order	Capparales (Brassicales)
Family	Moringaceae – Horse-radish tree family
Genus	*Moringa* Adans. – moringa
Species	*oleifera* Lam. – horseradish tree

وأشار Olson(2002) و Nasir *et al.*(1972) إلى أن شجرة المورينجا أوليفيرا هي أكثر الأنواع شهرة ودراسة من جنس الـ *Moringa* وهي تنتمي إلى عائلة Moringaceae الذي تشمل 13 نوعاً هي :

M. *arborea*, M. *concanensis*, M. *drocanensis*, M. *drouhardii*,

M. *hildebrandtii*, M. *pygmeae*, M. *peregrina*, M. *rospoliana*, *M. ovalifolia*, M. *stenopetala*, M. *rivae*, M. *oleifera* and M. *borziana*

2 – 2 – 6 - 2 : تسمية النبات

يسمى نبات المورينجا بالمعجزة النباتية Miracle Vegetable لأنه نبات متعدد الإستخدامات يستخدم لتغذية الإنسان والحيوانات ولأغراض طبية لقدراتها العلاجية المذهلة لمختلف الأمراض ومنها الأمراض المزمنة (Daba, 2016) .

وذكر Von Maydell (1986) إن شجرة المورينجا تسمى شجرة الرحمة وغصن إلبان والحبة الغالية والثوم البري وميّزة هذه الشجرة بأنّ كل أجزائها تستعمل فهي تعد مثالاً للشجرة الطيبة

وتسمى في وادي النيل بأسم شجرة الرواق وتعني شجرة التطهير أو التنظيف . في الفلبين تُعرف بأنها "أفضل صديقة للأم" نظرًا لأستخدامها في زيادة إنتاج حليب المرأة ويتم وصفها أحياناً لعلاج فقر الدم (Siddhuraju and Becker, 2003) . كما تم توثيق مجموعة واسعة من الأسماء الشائعة للشجرة بما في ذلك شجرة الحياة ، شجرة الفقراء وشجرة اليسر وشجرة عصا الطبل drumstick tree وشجرة فجل الحصان horseradish tree وهدية الطبيعة natural gift وأفضل صديق للأم mother's best friend وملونج Mlonge ومونغا moonga ، والعديد من الأسماء الأخرى (Rockwood *et al.* , 2013) .

وتُعرف المورينجا على نطاق واسع بأسم النبات الذي "لا يموت أبدًا" Never Die نظراًلقدرتها على التكيف وتحمل الطقس القاسي والجفاف ونطاق واسع من المناخ والتربة والتغيرات البيئية الأخرى (Fuglie, 2001a ; Qureshi and Solanki, 2015) . وأوضح Alegbeleye (2018) . إن الموطن الأصلي لشجرة المورينجا أوليفيرا يكون في مناطق شبه الهيمالايا في الهند وباكستان وبنغلاديش وأفغانستان حيث تُعرف بأسماء إقليمية مختلفة مثل الساجنا sajna والبنزولف benzolive وسوهانجنا Sohanjna والكلور kelor والمارانكو marango والمالونكاي malunggay . ويستمد أسم عصا الطبل من شكل القرنة (الثمرة) والذي يشبه العصا الرفيعة والمنحنية المستعملة لضرب الطبل وأسم شجرة فجل الحصان للمورينجا يرجع إلى طعم جذورها (Gopalakrishnan *et al.* , 2016)

2 – 2 – 7 : مستخلص نبات المورينجا أوليفيرا

تم إكتشاف شجرة المورينجا أوليفيرا مؤخرًا كمنشط حيوي للمحاصيل الزراعية ، وهذا له أهمية كبيرة جداً في الجانب الزراعي وبالتالي فإن التسميد الورقي بمستخلص أوراق المورينجا له القدرة على تحسين إنتاج وجودة المحاصيل المختلفة (Rady and Mohamed, 2015) ، حيث بيّن Foidl *et al.* (2001) إن مستخلصات أوراق المورينجا زادت من حجم الثمرة ومحتوى السكر عند رشها على البطيخ الأصفر (الشمام) *Cucumis melo* وفول الصويا *Glycine max* . وأوضح Foidl *et al.*(2001) أن الرش الورقي لبعض أوراق نبات المورينجا بمستخلص المورينجا الورقي أدى إلى بعض التغيرات الملحوظة مثل الزيادة الكلية في غلة النبات من الأوراق والثمار بين 20 و 35 ٪ وإرتفاع مستويات السكر والمعادن . كما حصل Prabhu *et al.*(2010) على نتائج متميزة عند الرش الورقي بمستخلص أوراق نبات المورينجا بنسبة 2 % على نبات الريحان *Ocimum basilicum* لبعض صفات النمو مثل إرتفاع النبات وعدد الأوراق وعدد الفروع والمساحة الورقية مقارنة بمعاملة السيطرة . وأوضح Jacob and Shenbagaraman (2011) إن مستخلص أوراق

المورينجا أوليفيرا المائي يحتوي على مجموعة كبيرة من مضادات الأكسدة الغذائية مثل الفلافونويدات والفينولات وبيتا كاروتين وحامض الأسكوربك (فيتامين C) وألفاتوكوفيرول (فيتامين E) والإنزيمات المضادة للأكسدة (SOD و POD و CAT) وغيرها ، حيث أظهر المستخلص تأثيراً كاسحاً وقوياً لمختلف الجذور الحرة مقارنةً بالعديد من المستخلصات الورقية المشار إليها كمضادات للأكسدة في العديد من الخضر والفاكهة وبالتالي يمكن لهذا المستخلص منع الأضرار التأكسدية للجزيئات الحيوية الرئيسية وتوفير حماية كبيرة لها . وأكدت نتائج Yasmeen (2011) أن مستخلصات أوراق نبات المورينجا أوليفيرا غنية بالهرمونات النباتية مثل الأوكسينات والسايتوكينينات فضلاً عن مركبات أخرى محفزة للنمو مثل الأسكوربيت والفينولات والمعادن مثل الحديد والبوتاسيوم والزنك والكالسيوم ومجموعة متوازنة من المغذيات ومضادات الأكسدة مما يجعلها محفزاً لنمو النبات .

وقد أثبت Sutalangka *et al.*(2013) أن المستخلصات المائية والكحولية لأوراق نبات المورينجا أوليفيرا تعزز النشاط الذهني والمعرفي للأشخاص . كما أفادت Abdalla (2013) في بحثها عن زيادة في محتوى حامض الأسكوربيك في أوراق نباتات الجرجير *Eruca vesicaria* بعد رشها ورقياً بمستخلص أوراق نبات المورينجا . ولقد أشار Nasir *et al.* (2016) في دراستهم عند معاملة أشجار الحمضيات بمستخلصات أوراق المورينجا أوليفيرا أدت إلى تحسين معدل ظهور الشتلات وسرعة نموها المبكر وزيادة مستوى مضادات الأكسدة ومحتوى البروتين في الأوراق ومحتوى الكلوروفيل وزيادة فعالية الإنزيمات المضادة للأكسدة (SOD و CAT) وكذلك توصل الباحثون أنفسهم في دراستهم أن مستخلص أوراق نبات المورينجا بتركيز 3 % أدى إلى زيادة معنوية في المحتوى المعدني لعناصر النتروجين والفسفور والبوتاسيوم والحديد لأوراق أشجار الحمضيات نوع Kinnow mandarin التي تزرع في الباكستان إذ أعطت أعلى معدل بلغ 2.17 % و 0.12 % و 0.52 % و 92.46 ملغم.كغم$^{-1}$ على التوالي مقارنة بمعاملة السيطرة التي أعطت أدنى معدل بلغ 1.7 % و 0.07 % و 0.38 % و 90.5 ملغم.كغم$^{-1}$ على التوالي نفسه .

وأشار Gopalakrishnan *et al.* (2016) في دراستهم أن مستخلصات أوراق المورينجا تستعمل لعلاج سوء التغذية وزيادة حليب الأم لدى الأمهات المرضعات ويمكن أن تستعمل كمضاد للأكسدة المحتملة كمضاد للسرطان والإلتهابات والسكري والميكروبات وكما تستعمل البذور كمادة تخثر طبيعية على نطاق واسع في معالجة المياه .

كما أستنتج Jahan *et al.* (2018) في بحثهم أن المحتوى الكلي للفلافونويدات في مستخلص بذور المورينجا المائي أعطى أعلى قيمة بلغ 221.76 ملغم مكافئ كيورستين.غم$^{-1}$ من المستخلص الجاف مقارنة بمستخلصات الميثانول والأسيتون والتي أعطت معدل بلغ 10.13 و 13.32 ملغم مكافئ

كيورستين.غم$^{-1}$ من المستخلص الجاف ، على التوالي كما بيّن الباحثين في نتائجهم أن المستخلص المائي لبذور المورينجا يمتلك قوة نشاط مضادة للأكسدة ويمكن إستعماله مصدراً طبيعياً مضاداً للأكسدة وقد أظهر نشاطاً كبيراً في إزالة الجذور الحرة .

2 - 3 : التسميد الورقي

لغرض الإرتقاء بإنتاجية أي محصول نباتي فإنه من الضروري التركيز على إستعمال التقنيات النباتية الموصى بها ومنها طرائق التسميد لاسيما إضافة السماد رشاً على الأوراق . أن للتغذية الورقية محاسن كثيرة منها إنها مكملة للتسميد الأرضي حيث أن رش السماد السائل على المجموع الخضري للنبات هو أحد الأساليب المستعملة حالياً لزيادة نشاط نمو النبات وتحسين حاصله ، وذكر Franke (1967) أن أمتصاص العناصر الغذائية من خلال الأوراق يحدث أما عن طريق الفراغ الحر Apoplast أو عن طريق السايتوبلازم Symplast وهناك العديد من العوامل التي تؤثر في إمتصاص هذه المغذيات منها عمر الورقة الفسيولوجي والسطح الخارجي للأوراق و تركيز المحلول المغذي والمستوى التغذوي وموعد الرش ودرجة الحرارة والرطوبة وزاوية التماس (الشد السطحي للمحلول المغذي) . وقد أستنتج النعيمي (1984) إن من الطرائق البديلة للتسميد الأرضي أضافة المغذيات عن طريق الرش على الأوراق إذ أستعملت على أشجار الفاكهة وبالأخص ذات المجموع الجذري المتعمق وكونه يضمن وصول المغذيات إلى أماكن تصنيع الغذاء في الأوراق بسرعة قياساً بالتسميد الأرضي . وتعد التغذية الورقية عملية رش لمحاليل المغذيات بشكل سائل على المجموع الخضري للنبات ، إذ أكد Alexander and Schroeder (1987) أن أوراق النباتات لها القدرة على أمتصاص المغذيات شأنها شأن الجذور وأن التسميد الورقي يكون أكثر أقتصاداً من التسميد الأرضي لأن كميات المغذيات المستخدمة في التسميد الورقي تكون أقل من التسميد الأرضي .

في حين بيّن Brayan (1999) أن التغذية الورقية من الطرائق الحديثة والكفوءة والأكثر أقتصادية في معالجة نقص المغذيات مقارنة بطرق التسميد الأخرى وتزيد كفاءتها بمقدار 8 – 20 مرة مقارنة بالتسميد الأرضي ولاسيما مع العناصر الصغرى كما إنها أحد السبل المتبعة للحد من ظاهرة التلوث البيئي . والتغذية الورقية بالمغذيات الصغرى يمكن أن تخفف جزئياً من التأثير الضار لكثير من الإجهادات التي يواجهها نبات المورينجا في إمتصاص المغذيات عن طريق تحسين نمو الجذور ومنع الإختلالات التغذوية وبالتالي تؤدي إلى زيادة إمتصاص المغذيات من الجذور (El-Fouly *et al.*, 2002) . وذكر Bozorgi (2012) في دراسته أن عناصر المغذيات الصغرى مطلوبة بكميات صغيرة نسبياً في نمو النبات وإنتاجه إلا أن نقصها قد يسبب إضطراباً كبيراً في

العمليات الفسيولوجية والأيضية في النبات وبالتالي فإن تطبيق التسميد الأرضي بالمغذيات الصغرى قد لا يلبي أحتياجات نمو جذور المحاصيل النباتية وأن الطريقة البديلة هي أستعمال الرش الورقي لهذه المغذيات الدقيقة .

تعد التغذية الورقية من الطرائق الحديثة والناجحة في أمتصاص المغذيات من قبل الأوراق النباتية ولاسيما عندما تكون هناك مشاكل في التربة ومنها الملوحة العالية أو المحتوى الكبير من الكلس أو الجبس أو قابليتها على تثبيت العناصر الغذائية أو ترسيبها مما يقلل من جاهزية المغذيات وأمتصاصها من قبل جذور النباتات (Fernández *et al.* , 2013) .

وعلى الرغم من أن الأسمدة مهمة جداً لنمو النبات وتطوره إلا أن معظم الأسمدة المضافة تصبح غير متاحة للنباتات بسبب العديد من العوامل مثل الترشيح والتحلل الضوئي والتحلل المائي والتعفن حيث توجد المغذيات الصغرى بكميات قليلة جداً في التربة والنباتات ولكن دورها لا يقل أهمية عن العناصر الغذائية الكبرى وتشمل المغذيات الصغرى المهمة على ستة عناصر Fe و Mn و Zn و Cu و B و Mo (Rahman *et al.*, 2014; Steven, 2000) وبالتالي من الضروري التقليل من خسائر المغذيات في التخصيب وزيادة أنتاجية المحاصيل من خلال إستغلال التطبيقات الجديدة بمساعدة تقنية النانو والمواد النانوية .

يمكن إمتصاص الأسمدة الورقية عن طريق الأوراق أو أجزاء أخرى من النبات مثل الثمار والسيقان لتزويد النبات بالمغذيات التي يحتاجها والدخول مع الماء من خلال جدران الخلايا والأنتشار فيها (Al-Taey *et al.*, 2018; Hasan *et al.* , 2019) .

2 – 4 : تقنية النانو والأسمدة النانوية

عرف Fulekar *et al.* (2014) علم النانوتكنولوجي على إنه العلم الذي يختص بدراسة تصميم وتوصيف وإنتاج وتطبيقات الأشكال والأجهزة والنظم التي يتم التحكم فيها من خلال الشكل والحجم عند مستوى النانومتر ، وأن أول من أستخدم كلمة نانوتكنولوجي كان العالم الياباني Norio Taniguchi عام 1974 بجامعة طوكيو . تلعب الأسمدة النانوية أدواراً مهمة في تغذية النبات سواءً تم رشها على المجموع الخضري أو تم إضافتها من خلال المعاملات الأرضية ومن هذه الأدوار المهمة هي زيادة نشاط عمليات التخليق الضوئى (من خلال زيادة محتوى الاوراق من الكلوروفيل) وزيادة قدرة المحاصيل على تحمل ظروف الإجهاد المختلفة وكذلك زيادة مقاومة النباتات للأمراض والمحافظة على الصفات الجينية للمحاصيل الزراعية المختلفة و زيادة المواد الفعالة في النبات وكذلك يحافظ على التربة ويقلل من تلوث المياه الجوفية ببقايا الأسمدة المختلفة والمبيدات وغيرها . إذ تم تعريف المواد النانوية على أنها مواد ذات وحدة واحدة يتراوح حجمها بين 1-100 نانومتر في

بعد واحد على الأقل علماً إن 1 نانومتر = 10^{-9} م ، والأسمدة النانوية هي إما مواد نانوية NMs التي يمكنها أن توفر واحد أو أكثر من المغذيات للنباتات مما يؤدي إلى زيادة النمو والإنتاج أو تلك التي تساعد على تحسين أداء الأسمدة التقليدية دون تزويد المحاصيل مباشرة بالمغذيات (Liu and Lal, 2015) وأثبتت بعض الدراسات أهمية الأسمدة النانوية التي تشمل بعض الآثار المفيدة كزيادة كفاءة إستعمال المغذيات وتحسين الغلة وتقليل تلوث التربة . وكشف Liu *et al.* (2005) في العديد من دراساتهم أن إستعمال الأسمدة النانوية يزيد وبشكل كبير من إنتاجية المحاصيل قياساً بعدم إستعمالها ويرجع ذلك بالأساس إلى زيادة نمو الأجزاء النباتية وعمليات التمثيل الغذائي مثل البناء الضوئي والذي يؤدي إلى زيادة تراكم نواتج البناء الضوئي وإنتقالها إلى الأجزاء الاقتصادية من النبات . أن دخول الجسيمات النانوية عبر جدار الخلية يعتمد على قطر المسامات لجدران الخلية (5-20 نانومتر) وبالتالي يمكن للجسيمات النانوية أو المجاميع النانوية التي يبلغ قطرها أقل من حجم المسامات لجدار الخلية النباتية أن تدخل بسهولة من خلال هذا الجدار وتصل إلى غشاء البلازما (Moore, 2006; Navarro *et al.*, 2008) . في حين أشار Chinnamuthu and Kokiladevi (2007) إلى إمكانية إستعمال جزيئات النانو التي يقل حجمها عن 100 نانومتر كسماد لإدارة المغذيات بكفاءة عالية والتي تحد من تلوث البيئة ، إذ لاحظ Zhu *et al.* (2008) التأثير الواضح لجسيمات الحديد النانوية في نمو وتطور نبات القرع *Cucurbita pepo* . ووفقاً لـ Farajzadeh *et al.*(2009) الذين أفادوا أن السماد النانوي وحده أسهم بنسبة 50٪ في إنتاج المحاصيل نتيجة زيادة كفاءة إستعمال المغذيات والأسمدة وبتقليل الجرعات المضافة .

ومن أهم مزايا الأسمدة النانوية أنها تزيد من خصوبة التربة وجودة المحصول وهي غير سامة وأقل ضرراً على البيئة والبشر من خلال تقليل الكلفة وكذلك تعمل الجزيئات النانوية على زيادة كفاءة إستعمال المغذيات (Nair *et al.*, 2010) . أما أهم سلبيات آثار الأسمدة النانوية فقد ذكر Suppan (2017) أن الجسيمات النانوية قد تعبر غشاء الخلية الذي يعتمد على أبعاد الجسيمات النانوية حيث هناك إمكانية لأستنشاق الجسيمات النانوية من قبل عمال المزارع أثناء الرش ووصولها إلى الدم ثم وصولها إلى الدماغ والكبد والقلب ، وقد تؤثر هذه الجسيمات النانوية على الآليات التنظيمية للأنزيمات والبروتينات الأخرى (Bhushan, 2007) ، يمكن أن تدخل الجسيمات النانوية إلى الخلايا النباتية وتوصيلها للمغذيات عن طريق إرتباطها بالبروتينات الحاملة من خلال aquaporins والقنوات الأيونية والإلتهام الخلوي أو عن طريق الإرتباط بالمواد الكيميائية العضوية في الأنسجة النباتية ويتم نقلها عبر الروابط البلازمية plasmodesmata من خلية إلى أخرى (Rico *et al.*, 2011) . وبعد إختراقها للورقة أو أنسجة بشرة الجذور تنتقل الأسمدة النانوية عبر

مسارات مختلفة هي (apoplastic و symplastic) والتي تؤثر على فعاليتها وقد تغير خصائصها وبالتالي تفاعلها وإنتقالها داخل الأنسجة النباتية مما قد يؤدي إلى أستجابات متنوعة لأجزاء نباتية مختلفة لنفس الجسيمات النانوية (Barrios *et al.*, 2016) .

ظهرت العديد من المصادر البيولوجية مثل الطحالب والفطريات والبكتيريا والنباتات كبرنامج فعّال من حيث التكلفة وصديقه للبيئة لتصنيع الجسيمات النانوية ، حيث إجتذبت واجهة النباتات الطبية والجسيمات النانوية الحيوية العديد من الباحثين لتصنيع المواد النانوية بتطبيقات متنوعة إذ تم إستخدام النباتات الطبية على نطاق واسع ومفضل لتوليف الجسيمات النانوية لكونها غنية بالمواد الكيميائية الفعالة ومكوناتها النشطة بيولوجياً (Ovais *et al.*, 2016) . وذكر Kole *et al.* (2016) إن هناك علاقة وطيدة بين علم النبات وعلم النانوتكنولوجي إذ أوضحت بعض الدراسات دور المواد والجزيئات النانوية في تحسين إنتاجية بعض النباتات مثل القمح والذرة والطماطم وغيرها من خلال تأثيرها في زيادة عمليات الأيض للنتروجين ومحتوى الكلوروفيل ونشاط الأنزيمات الأمر الذي أدى إلى تحسين معدلات البناء الضوئي كما في حالة نباتات فول الصويا *Glycine max* والفول السوداني *Arachis hypogaea* وغيرها كما لا يمكن أن ننسى دور علم النانوتكنولوجي في توفير السماد النانوي nanofertilizers بالإضافة إلى وقاية النبات من الآفات بإستعمال مبيدات النانو nanopesticides ومقاومة الأمراض النباتية ، بالإضافة إلى ذلك يساعد إستعمال الأسمدة النانوية في التغلب على مشاكل تلوث التربة والمياه والتقليل من إنبعاث الكاربون من مصانع الأسمدة التقليدية التي تسبب تغيرات بيئية خطيرة كما تمتلك ميزات فريدة مثل الإمتصاص العالي وزيادة سطح الأمتصاص وزيادة المواد الفعالة في النبات وزيادة قدرة النبات على تحمل ظروف الإجهاد المختلفة وزيادة مقاومته للأمراض والحشرات نتيجة لزيادة إستجابة النبات للأسمدة النانوية نظراً لسهولة دخولها للخلايا النباتية (Roosta *et al.*, 2015; Shang *et al.*, 2019) .

تحتوي الأسمدة النانوية على مساحة سطحية كبيرة وحجم جزيئي أقل من حجم مسامات الأوراق في النبات التي يمكنها أن تزيد من إختراقها لأنسجة النبات من السطح المستعمل وتحسين إمتصاصها وكفاءة إستعمال المغذيات وإستيعاب العناصر الغذائية (Qureshi *et al.*, 2018) ، كما أوضح Bozorgi (2012) أن الأسمدة النانوية تعمل على زيادة نمو النباتات من خلال مقاومتها للأمراض وتحسين إستقرارها بتجذيرها العميق وعدم أضطجاعها وكذلك تحسين المحتوى الغذائي للمحصول وجودة الطعم والإستعمال الأمثل للحديد وزيادة محتوى البروتين في حبوب القمح . وقد توصل Mahmoodi *et al.* (2018) في نتائجهم أن الأسمدة النانوية لها آثار مفيدة مقارنة بالأسمدة الكيميائية حيث أثرت معنوياً في زيادة الوزنين الطري والجاف للأجزاء الهوائية وعدد الفروع الثانوية لنبات لسان الثور *Borago officinalis* .

ولقد أستنتج Abdel-Aziz *et al.*(2018) أن الأسمدة النانوية يتم أمتصاصها بسهولة بواسطة بشرة الأوراق ثم نقلها إلى السيقان مما سهل أمتصاص الجزيئات النشطة وتعزيز نمو وإنتاجية القمح . كما لاحظ El-Metwally *et al.* (2018) أن أستعمال الأسمدة النانوية في الفول السوداني قد أثر معنوياً في زيادة متوسط الكاربوهيدرات الكلية والسكريات الكلية القابلة للذوبان ونسب البروتين والزيت في البذور . أوضح Zahedi *et al.* (2019) إن الأسمدة النانوية تستعمل على نطاق واسع في تغذية محاصيل الفاكهة كما في التطبيقات القائمة على التسميد الأرضي والرش الورقي حيث توفر المغذيات بكفاءة عالية وهدر قليل لإنتقالها بشكل أسرع وأعلى إلى أجزاء مختلفة من النباتات. وأشار Sadique *et al.* (2019) إن قطاع الزراعة في البلدان النامية يعد قطاعاً هاماً للغاية في الأقتصاد لذا فأن أستخدام الأسمدة النانوية يتسبب في زيادة كفاءة إستخدام العناصر الغذائية ويقلل من سمية التربة ومن الآثار السلبية المحتملة المرتبطة بالجرعة الزائدة ويقلل من تكرار التسميد لذا فإن لتقنية النانو إمكانات عالية لتحقيق الزراعة المستدامة وخاصة في البلدان النامية .

أشار Singh (2017) و Ghidan *et al.* (2020) و Al-Antary *et al.*(2020) في دراستهم أن الأسمدة النانوية أثرت معنوياً في زيادة صفات النمو وخاصة إرتفاع النبات ومساحة الورقة وعدد الأوراق لكل نبات والمواد الجافة وتخليق الكلوروفيل ومعدل البناء الضوئي الذي أدى إلى زيادة إنتاج النبات مقارنة بالأسمدة التقليدية .

2 – 5 : تأثير الحديد المعدني والنانوي المخلبي وطريقة الإضافة في بعض صفات النمو الخضري والصفات الكيموحيوية

يعد الحديد (Fe) من المغذيات الصغرى الأساسية لنمو النباتات وهو عامل مساعد لما يقرب من 140 إنزيماً ويحفز تفاعلات كيميائية حيوية فريدة وهو يساهم في العديد من الأدوار الأساسية في نمو النبات وتطوره بما في ذلك تكوين الكلوروفيل والثايلوكويدات thylakoid ونمو البلاستيدات الخضراء (Mohammadipour *et al.*,2013; Abdel-Salam,2016) . إذ أكد Horesh and Levy (1980) أن الرش الورقي للحديد المخلبي لتعويض نقصه أفضل من إضافته للتربة . وبيّن Mengel and Kirkby (1982) إن الحديد يلعب دوراً مهماً في عملية تكوين البروتين لمساهمته في إختزال النترات ودوره في رفع قدرة أحياء التربة في تثبيت النتروجين الجوي كما أنه يدخل في عملية تكوين الحامض النووي الـ RNA . أكدت نتائج Ratanarat and Dissunthia (1987) إلى إن الرش بالحديد على هيئة كبريتات الحديدوز بالتركيز 0.5 % على نبات فستق الحقل *Arachis hypogaea* بواقع عشرة أيام بين رشة وأخرى أدى إلى زيادة معدل نمو المحصول وزيادة حاصل البذور كما قلل من أعراض نقص

الحديد . وإستنتج Singh *et al.* (1992) أن رش الحديد من شأنه أن يؤدي إلى زيادة بنسبة 38-42٪ في إنتاج الفول السوداني في التربة القلوية .

بيّنت نتائج دراسة Soliman (1995) إنه يفضل إضافة عنصر الحديد رشاً على النبات لأن تجهيز النبات بالمغذيات عن طريق المجموع الخضري يزيد من كفاءة التسميد فضلاً عن تقليل كمية الفقد والتثبيت للعناصر المضافة . وأشار الشاذلي (1999) إلى إمكانية إستعمال كبريتات الحديدوز لمعالجة نقص الحديد رشاً على الأوراق بتركيز0.25–0.50 غم.لتر$^{-1}$ أو بالرش الورقي بشيلات الحديد Fe – EDTA (Ethylene Diamine Tetra Acetate) بتركيز لا يزيد عن 0.5 غم.لتر$^{-1}$. ولاحظ يوسف وعبدالرضا (2000) في نتائجهما إستجابة نبات البرسيم *Medicago sativa* للمعاملة بالحديد المخلبي FeDDHA(Ethylene Diamine Di o-Hydroxyphenyl Acetic acid) بالمستويات (0 ، 2 و 4) كغم Fe.هـ$^{-1}$ فقد تفوقت نباتات البرسيم المعاملة بـ 4 كغم حديد.هـ$^{-1}$ في معدل أطوالها (57 سم) على نباتات غير المعاملة (44.1 سم) ، كما تفوقت المعاملتان 2 و 4 كغم Fe.هـ$^{-1}$ في حاصل المادة الجافة على معاملة المقارنة وبلغت المتوسطات 15.6 و 18.2 و 20.9 غم.أصيص$^{-1}$ للمعاملات 0 و 2 و 4 كغم Fe.هـ$^{-1}$ ، على التوالي . وأوضح Bertamini and Nedunchezhian, 2005) أن نقص الحديد هو أحد الإجهادات اللاحيوية الأساسية المؤثرة في أشجار الفاكهة النامية في ترب كلسية في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط إذ أن نقص الحديد يخفض كلاً من معدل البناء الضوئي للورقة والمساحة الورقية وتراكم المادة الجافة ويعمل على إعاقة نمو النبات وقلة الإنتاجية .

ينعكس نقص الحديد على وظائف الأعضاء وكيموحيوية النبات بأكمله إذ يُعد الحديد عاملاً مساعداً مهماً للعديد من الإنزيمات كمشاركته في مسار التكوين الحيوي للكلوروفيل (Marschner, 1995) . وذكر Malkaouti and Tehrani (2005) في دراستهما أن الحديد هو أحد العناصر الأساسية لنمو النبات ويلعب دوراً مهماً في تفاعلات التمثيل الضوئي وهو يساهم في تنشط العديد من الإنزيمات وفي بناء الحامض النووي الرايبوزي RNA ويحسن أداء الأنظمة الضوئية photosystems . كما أظهر Kumar *et al.* (2009) أن إستخدام سماد الحديد زاد من محصول نبات الحمص *Cicer arietinum* بنسبة 17.3 ٪ مقارنةً بمعاملة السيطرة . وبيّن Hokmabadi *et al.* (2006) في دراستهم إن إحدى مزايا أسمدة الحديد النانوي المخلبية تتمثل بأنها لاتستعمل مركبات الأثيلين في تركيبها Fe–EDTA (Ethylene Diamine Tetra Acetate) حيث إن الأثيلين يمنع نمو النبات ويسبب إصفرار الأوراق chlorosis ، والميزة الثانية لهذه الأسمدة النانوية هي زيادة نسبة أيون الحديدوز ferrous iron إلى أيون الحديديك ferric iron في السطح المخلّب والتي تؤدي إلى زيادة بناء الكلوروفيل

في النبات . وبيّن Marschner (2012) في دراسته أنه وبالرغم من أن الحديد لا يدخل في تركيب الكلوروفيل إلا أنه أساسي للتصنيع الحيوي للكلوروفيل .

يمكن إعتبار سماد الحديد النانوي المخلبي مصدراً غنياً وأساسياً للحديد ثنائي التكافؤ (Fe^{+2}) bivalent iron للنباتات بسبب ثباته العالي والتحرر التدريجي للحديد ضمن مدى واسع من الأس الهيدروجيني (pH) والذي يتراوح ما بين 3–11 (Roosta *et al.* , 2015) . أكدت نتائج Faisal (2012) أن معاملة نبات الباقلاء *Vicia faba* بالحديد المخلبي قد أثرت معنوياً في إرتفاع النبات وعدد الأوراق وعدد الأفرع إذ تفوقت النباتات المعاملة بالحديد المخلبي بالتركيز 150 ملغم.لتر$^{-1}$ معنوياً على النباتات المعاملة بتركيز 300 ملغم.لتر$^{-1}$ ومعاملة المقارنة اللتان لم تختلفا معنوياً فيما بينهما. وكما بيّن Bozorgi (2012) في نتائجه إلى وجود تأثير معنوي لمستويات الحديد النانوي المخلبي الذي رش ورقياً على نبات الباذنجان *Solanum melongena* في صفة أرتفاع النبات وعدد الفروع إذ أعطت معاملة الحديد النانوي بتركيز 2 غم.لتر$^{-1}$ أعلى قيمة للصفتين بلغت 112.3 سم و3.05 فرع.نبات$^{-1}$ ، على التوالي مقارنة بمعاملة السيطرة التي أعطت أدنى معدل لهذه الصفتين بلغ 87.21 سم و 2.65 فرع.نبات$^{-1}$ ، على التوالي نفسه . أكدت نتائج حسون (2012) أن رش نباتات المانجو *Mangifera indica* L. بالحديد المخلبي بتركيز 100 ملغم.شتلة$^{-1}$ أثر معنوياً في معدل صفات أرتفاع النبات وعدد الأفرع وعدد الأوراق والمساحة الورقية ومحتوى الكلوروفيل في الأوراق ومحتوى الكاربوهيدرات في الأوراق إذ بلغ 134.40 سم و 21.15 فرع.شتلة$^{-1}$ و 135.30 ورقة.نبات$^{-1}$ و 22.92 سم^{2} و 0.172 % و 2.397 % على التوالي مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة . ولاحظ Al-Tememe *et al.* (2014) التأثير المعنوي في أرتفاع نبات الحنطة نتيجة الرش الورقي بالحديد المعدني بثلاث مستويات هي (0 و 50 و 100 ملغم.لتر$^{-1}$) إذ تفوق التركيز(50 و100 ملغم.لتر$^{-1}$) على نباتات معاملة المقارنة بنسب مقدارها 4.2 و 7.2 % على التوالي . في حين توصل Soliman *et al.* (2015) في نتائجهم على إن نباتات المورينجا *Moringa peregrina* التي تم رشها ورقياً بمحلول هوكلاند الحاوي على الجزيئات النانوية لأوكسيد الحديد والزنك إلى زيادة معنوية في معدل صفات النمو(قطر الساق و عدد الفروع و طول الجذر و نسبة الكاربوهيدرات الكلية في الأوراق ونسبة البروتين) عند معاملتها بتركيز 60 ملغم.لتر$^{-1}$ من أوكسيد الحديد النانوي وأوكسيد الزنك النانوي والتي بلغت 3.00 سم و 27.67 فرع.نبات$^{-1}$ و 38.33 سم و 29.33 % وزن جاف و 22.63% على التوالي مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة والتي بلغت 2.00 سم و11.33 فرع.نبات$^{-1}$ و 24.00 سم و 19.00 % وزن جاف و 18.94 % على التوالي نفسه . وقد حصل Kamiab and Zamanibahramabadi (2016) في نتائجهما على أعلى عدد من الفروع بعد المعاملة بسماد الحديد النانوي المخلبي بتركيز 2 غم.لتر$^{-1}$ رشاً على فروع

وأوراق ثلاثة أصناف من أشجار اللوز مقارنة بنباتات معاملة السيطرة . كما توصل (Drostkar *et al.* 2016) في نتائجهم أن معاملة نبات الحمص chickpea بالرش الورقي للحديد النانوي أعطى أعلى معدل لأرتفاع النبات وعدد الفروع الأولية إذ بلغ 28.68 سم و 2.75 فرع.نبات$^{-1}$ مقارنة بنباتات معاملة السيطرة والتي أعطت أدنى معدل بلغ 26.37 سم و 2.50 فرع.نبات$^{-1}$ على التوالي .

كما بيّنت Aljuthery (2017) في نتائجها إن معاملة نبات الديباج *Calotropis procera* ورقياً بتراكيز (1 ، 2 غم.لتر$^{-1}$) من الحديد النانوي المخلبي (والتي تكافئ 180و360 ملغم.لتر$^{-1}$ على التوالي) أدى إلى تأثير معنوي وزيادة في معدل مؤشرات النمو الخضري كأرتفاع النبات وعدد الأوراق وعدد الفروع والمساحة الورقية والوزن الجاف للمجموعين الخضري والجذري للنبات ومعدل النمو النسبي مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة . في حين كشف (Castillo-López *et al.* 2017) في دراستهم لأوراق نبات المورينجا أوليفيرا بشكلين مختلفين (مورنجا ذات القرنات الطويلة Long pod ومورنجا ذات القرنات القصيرة short pod) في المكسيك عن نسبة عالية من البروتين بلغت 36.83 و 31.69% ، على التوالي وعن النسبة المئوية للكاربوهيدرات التي بلغ مقدارها 41.29 و 44.79 % ، على التوالي . وقد أوضحت نتائج Al-Juthery *et al.* (2019) أن الرش الورقي للمعاملات الفردية للزنك والنحاس والحديد النانوي لنبات القمح أثر معنوياً في صفة طول النبات إذ أعطت معاملة الحديد النانوي أعلى معدل بلغ 83.17 سم مقارنةً بمعاملات الزنك والنحاس النانوية ومعاملة السيطرة والتي أعطت معدل بلغ 80.17 و 77.03 و 72.07 سم ، على التوالي . وقد أوضحت (Alkhlefawi, 2017) في نتائج بحثها إلى أن معاملة نبات المورينجا أوليفيرا ورقياً بمستويات مختلفة من تراكيز الحديد النانوي المخلبي (0 و 1 و 2 و 3 و 4) غم.لتر$^{-1}$ أدى إلى زيادة معنوية في متوسط أرتفاع النبات وقطر الساق عند معاملة الحديد النانوي المخلبي 3 غم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 148.28 سم و 2.00 سم على التوالي مقارنةً مع نباتات معاملة السيطرة التي سجلت أدنى متوسط بلغ 119.44 سم و 1.58 سم على التوالي نفسه ، في حين كان أعلى معدل لعدد الأوراق والمساحة الورقية الكلية والوزن الجاف للمجموعين الخضري والمجموع الجذري ونسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري/الوزن الجاف للمجموع الخضري عند المعاملة 2 غم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 22.50 ورقة.نبات$^{-1}$ و 4972 سم^{2} و 47.78 غم.نبات$^{-1}$ و 27.66 غم.نبات$^{-1}$ و 0.670 على التوالي مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة التي سجلت أدنى متوسط بلغ 18.44 ورقة.نبات$^{-1}$ و 3319 سم^{2} و 32.00 غم.نبات$^{-1}$ و 16.25 غم.نبات$^{-1}$ و 0.615 على التوالي نفسه . وحصل Al-Rkabe (2019) في نتائجه على زيادة معنوية في معدل صفات أرتفاع النبات وقطر الساق وعدد الأوراق والمساحة الورقية الكلية وعدد الأفرع والوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري وفي نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري/الوزن الجاف للمجموع الخضري وفي معدل النمو النسبي للنبات ومحتوى

الكلوروفيل في الأوراق عند التسميد الورقي لنبات الباقلاء بتركيز 2 غم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي والمعدني مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة .

في حين أظهرت نتائج Fadhil and Jader (2020) إن هناك تأثيراً معنوياً للتسميد الورقي بالحديد المخلبي بتركيز 150 ملغم.لتر$^{-1}$ في معدل إرتفاع النبات وعدد الأوراق وعدد الفروع لنبات الباقلاء إذ أعطى أعلى متوسط للصفات بلغ 74.67 سم و147.3 ورقة.نبات$^{-1}$ و 6.48 فرع.نبات$^{-1}$ على التوالي مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة التي أعطت أقل معدل إذ بلغ 60.11 سم و121.1 ورقة.نبات$^{-1}$ و 4.94 فرع. نبات$^{-1}$ على التوالي نفسه . لقد أوضحت دراسة الملك (1986) عند إستعمال الحديد المخلبي Fe-EDDHA بالتراكيز (0 و 5 و 10 و 15 و 20) جزء بالمليون إلى تفوق التركيز 10 جزء بالمليون حديد في زيادة محتوى الكلوروفيل وأمتصاص الحديد والنتروجين وزيادة الوزن الجاف ولم تحصل زيادة واضحة في المستويات الأعلى . وأكدت نتائج Biosci *et al.*(2013) في تجربتهم الحقلية على نبات الباقلاء *Vicia faba* في مدينة الأهواز بأيران أن لزيادة تركيز الحديد النانوي المخلبي تأثير معنوي وكبير في نسبة البروتين ومحتوى الكلوروفيل في الأوراق وكذلك أعطى أعلى محصول من حبوب الفول بلغ 467.7 غم.م$^{-2}$ وأدنى إنتاج بلغ 352.7 غم .م$^{-2}$ لمعاملة الحديد النانوي بتركيز 6 غم . لتر$^{-1}$ ومعاملة السيطرة ، على التوالي وكان تأثير معاملات تركيز الحديد النانوي المختلفة في محتوى الأوراق من الكلوروفيل معنوياً حيث أعطى الرش الورقي بالحديد النانوي للمعاملة بتركيز 6 غم.لتر$^{-1}$ أعلى محتوى من الكلوروفيل بلغ مقدارها 45.2 SPAD UNIT مقارنة بنباتات معاملة السيطرة والتي أعطت قيمة مقدارها 42.6 SPAD UNIT وبنسبة زيادة بلغت 6.1 % .

كما أستنتج Karimi *et al.* (2014) أن معاملة نبات الماش *Vigna radiata* بتراكيز مختلفة من التسميد بالحديد المخلبي Fe-EDDHA 0 و 10 و 50 و 100 و 250 جزء بالمليون زاد من الوزن الطري والجاف للمجموع الخضري والوزنين الطري والجاف للمجموع الجذري وطول الجذر ومحتوى الكلوروفيل الكلي (a+b) ونسبة البروتين ، لكن التسميد بالحديد النانوي المخلبي وبالتراكيز نفسها زاد من فعاليات مضادات الأكسدة الأنزيمية مثل إنزيم الأسكوربيت والبيروكسيديز POD والكاتليز CAT قياساً إلى نباتات معاملة المقارنة ، وأشار Al-Juthery *et al.*(2019) في بحثهم إن الرش الورقي لنباتات القمح بالحديد النانوي أعطى أعلى معدل لمحتوى للكلوروفيل بلغ 47.73 SPAD UNIT مقارنة بمعاملة الزنك والنحاس النانوية والسيطرة والتي أعطت معدلات بلغت 46.87 و 46.93 و 45.23 SPAD UNIT ، على التوالي . وقد توصل Kshirsagar *et al.*(2016) في نتائجهم إن محتوى الأوراق والأزهار والثمار في نبات المورينجا من البروتين والكاربوهيدرات بلغ 28 و 43 % للأوراق ، 24.1 و 53.6 %

للأزهار و 17 و 26 % للثمار ، على التوالي . في حين وجد Sharifi *et al.* (2016) إن الرش الورقي بأسمدة الحديد النانوية أدى إلى زيادة تركيز الفوسفور والبروتين وتركيز الكاربوهيدرات والكتلة الحيوية في نبات الذرة العلفية *Zea mays* مقارنة بالأسمدة الكيميائية الأخرى . وأوضح Kshirsagar *et al.*(2017) في نتائجهم أن الأوراق والأزهار والقرنات في نبات المورينجا أوليفيرا هي مصدر جيد للبروتين حيث يحتوي مسحوق أوراق المورينجا أوليفيرا على أعلى نسبة من البروتين بلغ 24.14٪ يليه الزهرة 16.1٪ والقرنات 13.8٪ . كما أفاد الباحثون Schenkeveld *et al.*(2008) بعد الدراسة والمقارنة لأنواع مختلفة من المخلبيات تتضمن EDDHA و N-ethylenediamine وفي التربة الطينية الرملية ذي الرقم الهيدروجيني 7.7 أن نبات فول الصويا المعامل بالحديد النانوي المخلبي Fe-EDDHA زاد فيه الحديد الكلي بنسبة 50 ٪ . كما أوضحت نتائج أحمد والسعيد (2016) وجود زيادة معنوية في محتوى أوراق نبات العنب من الحديد حيث تفوقت معاملة الرش الورقي بالحديد المخلبي على باقي المعاملات بمتوسط قدره (666.8 ملغم.كغم$^{-1}$) خلال الرشة الثالثة وهذا يؤكد على أن إستعمال الحديد المخلبي رشاً ورقياً ولعدة مرات يعالج أعراض نقص الحديد . وقد أظهر Sheykhbaglou *et al.*(2010) التأثير الإيجابي للحديد النانوي على محتوى الحبوب لنبات فول الصويا Soybean من الحديد حيث سبّب إستخدام أوكسيد الحديد النانوي زيادة معنوية في تركيز الحديد مقارنة بعدم أستعماله . ذكر Zeidan *et al.* (2010) أن أستعمال التسميد الورقي بالحديد (1.0 % $FeSO_4$) أدى إلى زيادة البروتين ومحتوى الحديد Fe في حبوب القمح .

وأظهرت نتائج Biosci *et al.*(2013) أن الرش الورقي بالحديد النانوي المخلبي في مرحلة النمو الخضري لنبات الفول السوداني أعطى أعلى قيمة لتركيز الحديد في الأوراق إذ بلغت 0.61 ملغم.غم$^{-1}$ مقارنةً بمرحلتي قبل الإزهار وعند الإزهار والتي سجلت قيماً أقل بلغت 0.54 و 0.53 ملغم.غم$^{-1}$ ، على التوالي ، فيما أظهر أن الرش بتركيز 4 غرام .لتر$^{-1}$ أعطى أعلى قيمة من تركيز الحديد والتي بلغت 0.75 ملغم.غم$^{-1}$ مقارنة بمعاملة السيطرة والتي أعطت أقل قيمة مقدارها (0.48) ملغم.غم$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 56.3 % . وأوضح Farahani *et al.* (2015) في دراستهم الإرتباط المباشر بين إمتصاص الحديد الكلي وتركيز الحديد إن المعاملة بتركيز 5 كغم.هكتار$^{-1}$ من سماد الحديد النانوي المخلبي لنبات الزعفران *Crocus sativus* أعطت أعلى تراكيز للحديد ومحتوى الحديد الكلي بنسبة زيادة بلغت 166 ٪ مقارنة ببنباتات معاملة المقارنة .

كما أشار Soliman *et al.*(2015) في نتائجهم إن نباتات المورينجا *Moringa peregrina* التي تم رشها ورقياً بمحلول Hoagland الحاوي على الجزيئات النانوية لأوكسيد الحديد والزنك أظهرت زيادة معنوية في معدل النسبة المئوية للنتروجين والفسفور والبوتاسيوم ومحتوى الحديد

الكلي عند معاملتها بتركيز 60 ملغم.لتر$^{-1}$ من أوكسيد الحديد النانوي وأوكسيد الزنك النانوي ZnO إذ بلغت 3.62 % و 0.59 % و 2.62 % و 121.25 ملغم.لتر$^{-1}$ على التوالي مقارنةً بنباتات معاملات السيطرة والتي بلغت 3.03 % و 0.30 % و 2.19 % و 87.46 ملغم.لتر$^{-1}$ على التوالي نفسه . وقد أظهر Castillo-López *et al.*(2017) في دراستهم التحليل المعدني لأوراق نبات المورينجا أوليفيرا المجففة بشكلين مختلفين (مورنجا ذات القرنات الطويلة Long pod ومورنجا ذات القرنات القصيرة short pod) أن محتوى البوتاسيوم بلغ (2.69 و3.01غم .كغم$^{-1}$) ، على التوالي ومحتوى الحديد بلغ (120.19 و105.31 ppm) ، على التوالي .

وقد توصلت Aljuthery (2017) في نتائج بحثها إلى أن معاملة نبات الديباج *Calotropis procera* ورقياً بثلاثة تراكيز من الحديد النانوي المخلبي (0 و1 و2 غم.لتر$^{-1}$) أدى إلى زيادة معنوية في النسبة المئوية للنتروجين والفسفور والبوتاسيوم ومحتوى الحديد في الأوراق والنسبة المئوية للكاربوهيدرات الكلية وكان أعلى متوسط للنسبة المئوية للنتروجين والكاربوهيدرات الكلية عند المعاملة 1 غم.لتر$^{-1}$ بلغ 1.298 % و 19.14 % ، على التوالي مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة التي سجلت أدنى متوسط بلغ 0.984 % و 13.44 % ، على التوالي نفسه ، في حين كان أعلى متوسط للنسبة المئوية للفسفور والبوتاسيوم ومحتوى الحديد الكلي في الأوراق عند المعاملة بالحديد النانوي المخلبي 2 غم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 0.5700 % و 0.920 % و 389.60 مايكروغرام.غم$^{-1}$ ، على التوالي مقارنةً مع نباتات معاملة السيطرة التي سجلت أدنى متوسط بلغ 0.5050 % و 0.775 % و 262.90 مايكروغرام.غم$^{-1}$ ، على التوالي نفسه . في حين أظهر Al-Rkabe (2019) في دراسته إلى وجود تأثير معنوي للتسميد الورقي بالحديد النانوي بتركيز 2 غم.لتر$^{-1}$ المضاف لنبات الباقلاء في معدل النسبة المئوية للبروتين والكاربوهيدرات في البذور وفي النسبة المئوية للنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم ومحتوى الحديد في البذور والذي أعطى أعلى معدل أذ بلغ 13.02 % و 30.67% و 2.08 % و0.56 % و 1.33 % و 276.18 مايكروغرام.غم$^{-1}$ ، على التوالي مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة والتي سجلت أدنى متوسط إذ بلغ 11.04% و 28.39% و 1.77% و 0.51% و 1.20% و 259.78 مايكروغرام.غم$^{-1}$ ، على التوالي نفسه . وأشارت نتائج Al-Juthery *et al.* (2019) إلى أن الرش الورقي بالحديد النانوي المفرد كان متفوقاً في معدل النسبة المئوية للحديد في الأوراق إذ بلغت 170.67 ملغم Fe .كغم$^{-1}$ مادة جافة مقارنةً بمعاملات الزنك والنحاس النانوية والسيطرة والتي أعطت معدلات بلغت (92.00 و 100.00 و 92.33) ملغم Fe .كغم$^{-1}$ مادة جافة ، على التوالي .

2–6:تأثير التسميد بالحديد المعدني والنانوي المخلبي في مضادات الأكسدة والمواد الفعالة في النبات

2 – 6 - 1: الأنزيمات

إن إنزيم البيروكسيديز POD هو أحد إنزيمات الأكسدة والاختزال Oxidoreductase ويتواجد هذا الإنزيم بشكل طبيعي في الخلايا النباتية والحيوانية وكذلك الأحياء المجهرية (Dey *et al.* , 1997) . وينتشر إنزيم الـ POD في جدران الخلايا النباتية حيث يتم تصنيعه في سايتوبلازم الخلية إذ أشار Shahbazi *et al.*(2009) في دراستهم إلى أنه عند تعرض النبات إلى أجهاد معين سوف تزداد فعالية أنزيم الـ POD كإستجابة لأزالة التأثير الضار لذلك الأجهاد . فقد توصل Huystee (1987) في دراسته إلى أن إنزيم البيروكسيديز POD موجود في النباتات ويتوزع في جميع الأجزاء وهو يؤدي دوراً كبيراً في تنظيم تطوير النبات وتمايزه بما في ذلك الإستجابات للهرمونات وتعديل خصائص جدار الخلية ، كما أنها تلعب أدوارًا مهمة في آلية الدفاع عن النبات ضد مسببات الأمراض والجذور الحرة .

ومن الإنزيمات المهمة المضادة للأكسدة Antioxidant والتي تعمل على كسح الجذور الحرة هو إنزيم الكاتليز CAT والذي يعد من الإنزيمات التي تم تنقيتها وبلورتها (Scandalios *et al.* , 1997) . وقد بيّن Gaetani *et al.*(1996) إن بيروكسيد الهيدروجين هو ناتج عرضي للعمليات الايضية ويجب إزالة تأثيره الضار وتحويله إلى مواد أقل سمية من خلال إستعمال إنزيم الكاتليز CAT الموجود في الخلايا النباتية ليحفزها على تحطيم H_2O_2 إلى جزيئات الماء والأوكسجين . وذكر Abassi *et al.* (1998) أن وظيفة هذا الإنزيم في النبات تكمن في حماية الأنسجة النباتية من التأثيرات السامة لبيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 حيث يعمل على إزالة الألكترونات التي تؤدي إلى إنتاج الجذر الحر $O_2^{\cdot-}$ ، وإن هذا الإنزيم يتواجد في جميع الكائنات الحية تقريباً والتي يمكنها العيش بوجود الاوكسجين حيث تكون وظيفته الأساسية هي تحطيم الـ H_2O_2 إلى ماء وأوكسجين (Chelikani *et al.* , 2004) . ولاحظ Siddhuraju and Becker (2003) أن نسبة مضادات الأكسدة لأوراق المورينجا أوليفيرا بلغت 65.1٪ في مستخلصات الميثانول و 66.8٪ في مستخلصات الإيثانول .

تُعد الخصائص المضادة للأكسدة للمورينجا مهمة لمنع تلف الجزيئات الكبيرة والمهمة مثل الحامض النووي DNA والبروتينات والدهون حتى يمكن للخلايا أن تؤدي وظائفها بالشكل الصحيح (Limón-Pacheco and Gonsebatt, 2009; Ryter *et al.*, 2007) . وقد أشار Mbikay (2012) و Al-Malki and El Rabey (2015) في دراستهم أن نشاط مضادات الأكسدة في نبات المورينجا يمكن أن تنقذ الخلايا من الموت المبرمج Apoptosis لخلايا بيتا

وبالتالي يمنع تلف هذه الخلايا مما يؤدي إلى خصائص مفيدة ضد مرض السكري وقد تؤدي دراسات إضافية إلى تسويق مستخلصات نبات المورينجا للعلاج التقليدي لمرض السكري وأمراض أخرى . فقد أظهرت الدراسات التي أجريت على الفئران العادية ومرضى السكري أن العلاج بمستخلصات أوراق نبات المورينجا أوليفيرا المائية زاد بشكل كبير من نشاط إنزيمات البيروكسيديز POD والسوبرأوكساید دسميوتيزSOD والكاتليز CAT والكلوتاثيون glutathione وخفض بيروكسيد الدهون (Jaiswal *et al.*, 2013) . كما توصل الباحثان Ghafari and Razmjoo (2013) في دراستهما إلى أن فعالية أنزيم البيروكسيديز (POD) لم تتأثر معنوياً بمصادر أوكسيد الحديد النانوي والحديد المخلبي وكبريتات الحديد أما فعالية أنزيم الكاتليز (CAT) فقد تأثرت معنوياً وأعطت أعلى قيمة عند التسميد الورقي بمعاملة أوكسيد الحديد النانوي إذ بلغت 0.209 وحدة.مل$^{-1}$ مقارنة بنباتات معاملة السيطرة التي سجلت 0.164 وحدة.مل$^{-1}$. فقد توصل Shank *et al.* (2013) في نتائجهم إن المستخلص الأنزيمي الخام المأخوذ من جذور شجرة المورينجا أوليفيرا الأم يحتوي أعلى فعالية لأنزيم البيروكسيديز النوعي POD ، ثم فعاليته في السيقان والأوراق إذ بلغت 19.73 و 16.56 و 13.38 وحدة .ملغم$^{-1}$ ، على التوالي ، وكذلك أظهر المستخلص الخام للإنزيم في الكالس المأخوذ من المجموع الجذري لنبات المورينجا إن فعالية أنزيم البيروكسيديز والذي بلغت 167.25 وحدة.ملغم$^{-1}$ وهي أعلى بكثير من نشاطه في جذر النبات الأم بـ 8.5 مرة ، في حين وجد Karimi *et al.* (2014) في نتائجهم أن فعالية أنزيم الكاتليز Catalase عند معاملة نبات الماش بالحديد النانوي المخلبي بمستويات (0 ، 10 ، 50 ، 100 ، 250 ppm) كانت الأعلى عند تركيز 10 ppm والتي أعطت قيمة بلغت (1.307 g) مقارنة بنباتات معاملة المقارنة .

وكما بيَّن Soliman *et al.*(2015) في دراستهم إلى زيادة فعالية مضادات الأكسدة الإنزيمية (POD و SOD) نتيجة الرش الورقي لنبات المورينجا *Moringa peregrine* بجزيئات الحديد والزنك النانوية في محلول Hoagland مقارنةً بنباتات معاملة المقارنة . وقد أشارت Alkhlefawi (2017) في نتائجها إلى أن الرش الورقي لنباتات المورينجا أوليفيرا بالحديد النانوي المخلبي بتركيز (4غم.لتر$^{-1}$) أدى إلى زيادة معنوية في معدل فعالية أنزيم البيروكسيديز وأنزيم الكاتليز في أوراق النباتات والتي سجلت أعلى معدل بلغ 41.63 و 111.64 وحدة.مل$^{-1}$ ، على التوالي ، مقارنةً مع نباتات السيطرة التي سجلت أدنى معدل بلغ 28.47 و 90.20 وحدة.مل$^{-1}$ ، على التوالي نفسه .

2 – 6 – 2 : الفيتامينات

هي مجموعة عناصر حيوية تمنع حدوث الأمراض بالجسم وإن نقصها يؤدي إلى عدم التوازن بالصحة العامة والإصابة بالعديد من الأمراض ومن أهم النباتات التي تحتوي عليها الجزر والبرتقال والمورينجا وغيرها من المواد الغذائية ، أوهي مواد غير إنزيمية لها تأثير مفيد على كنس وإزالة الجذور الحرة التي يتم تكوينها بايولوجياً أثناء عمليات التمثيل الغذائي للنبات حيث إن ترك هذه الجذور دون الإمساك بها يؤدي إلى أكسدة الدهون وتحطيم الأغشية البلازمية وتصبح قابلة للأختراق وهذا يؤدي إلى موت الخلايا والأنسجة النباتية (Elade, 1992) . وقد ذكر Dogra *et al.* (1975) أن ثمار المورينجا هي غنية بالثيامين B_1 والرايبوفلافين B_2 والبيتا كاروتين وغيرها وخاصة الفيتامينات A وC و E حيث يتراوح محتوى حامض الأسكوربيك (فيتامين C) في القرنات الخضر من 92 إلى 126 ملغم .100غم$^{-1}$ من اللب . كشف Tsaknis *et al.* (1999) عن وجود Tocopherols (فيتامين E) من نوع α-, β-, γ- بمستويات 39.54 و 77.60 و 105.00 ملغم.كغم$^{-1}$ في زيت بذور المورينجا أوليفيرا على التوالي لذلك أظهر زيت بذور هذا النبات ثباتاً عالياً للتأكسد . وأكدت نتائج Iqbal and Bhanger (2006) أن أوراق نبات المورينجا هي أغنى مصدر لمضادات الأكسدة ويذكر أن حوالي 46 من مضادات الأكسدة موجودة في أوراق هذا النبات أهمها الأسكوربات والكاروتينات والتوكوفيرول والفينولات والفلافونويدات .

في حين أشار Anwar *et al.*(2007) أن فيتامين C يعمل في نبات المورينجا كمضاد رئيس للأكسدة ويساعد في تكوين الكولاجين بالإضافة إلى الوقاية من مرض الإسقربوط ، وأستنتج الباحثون أنفسهم أن الأوراق والقرنات في نبات المورينجا وكذلك مسحوق الأوراق الجافة تحتوي على تراكيز عالية من فيتامين A والتي يمكن أن تساعد في منع العشو الليلي night blindness ومشاكل العين الأخرى . وقد وجد Ferreira *et al.* (2008) أن أوراق نبات المورينجا أوليفيرا تحتوي على 200 ملغم / 100 غم من فيتامين C ويعد هذا التركيز أعلى من تركيزه في البرتقال . أن فيتامين E هو الفيتامين الرئيسي القابل للذوبان في الدهون في الزيوت النباتية التي تحتوي على تراكيز من التوكوفيرول الكلي في حدود 200-1000 ملغم .كغم$^{-1}$ وهذه المركبات مشتقة بشكل عام من أستخراج الزيت من البذور (Chen *et al.*, 2011) . كما توصل Masum *et al.*(2012) في نتائجهم إلى أن جميع أجزاء نبات المورينجا أوليفيرا تحتوي على كميات كبيرة من حامض الاسكوربيك (فيتامين C) تتراوح معدلاتها ما بين (445.581 - 1162.44ملغم.غم$^{-1}$) من المستخلص النباتي . في حين أشار Chambial *et al.* (2013) إلى أن أوراق المورينجا أوليفيرا تحمي الجسم من مختلف الآثار الضارة للجذور الحرة والملوثات والسموم وتعمل كمضادات للأكسدة .

إن الأوراق الطرية لنبات المورينجا أوليفيرا هي مصدر جيد لفيتامين E وتركيزه مماثل للتركيز الموجود في المكسرات (Efiong *et al.*, 2013) وهذا مهم لأن فيتامين E لايعمل فقط كمضاد للأكسدة ولكن ثبت أنه يثبط تكاثر الخلايا (Borel *et al.*, 2013) . في حين أشار Saini *et al.* (2014b) في دراستهم إلى أن أوراق نبات المورينجا أوليفيرا هي مصدر غني لـ α-tocopherol (فيتامين E) حيث بلغ معدل فيتامين E فيها 17.3 ملغم.100غم$^{-1}$ وزن طري ، ومع ذلك تتحلل هذه الفيتامينات بشكل كبير أثناء الجفاف والعمليات الأخرى التي تحدث في أوراق المورينجا أوليفيرا . بالإضافة إلى ذلك ، أظهر Kushwaha *et al.* (2014) في بحث مع 60 إمرأة بعد إنقطاع الطمث أن المكملات الغذائية بمسحوق أوراق المورينجا أوليفيرا لمدة 3 أشهر زادت من مستويات حامض الأسكوربيك Ascorbic acid وأنزيم SOD وأنزيم الكلوتاثيون بيروكسيديز glutathione Peroxidase وهي من المؤشرات التي تتميز بها مضادة الأكسدة في النبات . إن الأوراق الطرية من شجرة المورينجا أوليفيرا هي مصدر جيد لفيتامين A ومن الثابت أن فيتامين A له وظائف مهمة في الرؤية والتكاثر والنمو والتطور الجنيني والكفاءة المناعية وتمايز الخلايا (Ferreira *et al.*,2008;Alvarez *et al.*,2014) . كما أشار Soliman *et al.* (2015) في دراستهم إلى زيادة تراكيز النسب المئوية لمضادات الأكسدة غير الأنزيمية (الفيتامينات A و C) عند التسميد الورقي لنباتات المورينجا *Moringa peregrine* بجزيئات الحديد النانوية . وقد أفاد Qi *et al.* (2016) في نتائجهم أن محتوى فيتامين E في أوراق نبات المورينجا أوليفيرا يصل إلى 116.79 ملغم.100 غم$^{-1}$ وزن الجاف . وذكر أن أوراق المورينجا غنية أيضاً بالفيتامينات وخاصة فيتامين A و C و E والمواد الكيميائية النباتية الأساسية الأخرى ويمكن لهذه الأوراق أن تستخدم لمنع مشكلة سوء التغذية لقيمتها الغذائية العالية وكذلك لمعالجة العديد من الأمراض وكما تزود الإنسان بالبروتينات والمعادن والعديد من الأحماض الأمينية (Sujatha and Patel, 2017) . وقد توصلت Alkhlefawi (2017) في دراستها إلى أن معاملة نبات المورينجا أوليفيرا ورقياً بالحديد النانوي المخلبي بتركيز 4 غم.لتر$^{-1}$ أدى إلى زيادة معنوية في معدل النسبة المئوية لحامض الأسكوربيك Ascorbic acid في أوراق النبات إذ بلغ 12.00 % مقارنةً مع نباتات معاملة السيطرة التي سجلت أدنى معدل بلغ 8.72 % . وقد أشارت Aljuthery (2017) في دراستها إلى أن معاملة نبات الديباج *Calotropis procera* ورقياً بالحديد النانوي المخلبي بتركيز 2 غم.لتر$^{-1}$ أدى إلى زيادة معنوية في معدل النسبة المئوية لألفا توكوفيرول α-tocopherol في أوراق النبات إذ بلغ 4.263 % مقارنةً مع نباتات معاملة السيطرة التي سجلت أدنى معدل بلغ 2.924 % . وقد أظهرت دراسة حديثة أجريت على الأطفال أن أوراق المورينجا أوليفيرا يمكن أن تكون مصدراً مهماً لفيتامين A (Lopez-Teros *et al.*, 2017) .

كما بيّن Smolin and Grosvenor (2019) أن أوراق نبات المورينجا تحتوي على الكاروتينات والتوكوفيرول (فيتامين E) وفيتامين C التي يمكن أن تمنع أضرار الجذور الحرة التي لها علاقة بالعديد من الأمراض .

2 – 6 – 3 : الفلافونويدات Flavonoids

الفلافونويدات هي مركبات فينولية ذائبة في الماء تتكون من حلقتين عطريتين Aromatic rings مرتبطتين مع بعضهما بثلاث وحدات كاربونية (C6-C3-C6) وتوجد بصورة عامة داخل الفجوات في الخلايا وبعضها يوجد في البلاستيدات الملونة Goodwin and Mercer (1985) . وقد توصل Middleton *et al.*(2000) و Hollman *et al.*(1996) إلى إعتبار الكيورستين Quercetin مضاداً قوياً للأكسدة لأنه يمكن أن يخلب المعادن ويزيل الجذور الحرة ويمنع أكسدة البروتين الدهني منخفض الكثافة .

وقد ذكر Doerr *et al.* (2009) في دراستهم أن الفلافونويدات والأحماض الفينولية هي مصادر جيدة كمضادات للأكسدة في النباتات . وكما أوضح Pandey and Rizvi (2009) أن تناول الفلافونويدات للحماية من الأمراض المزمنة المرتبطة بالإجهاد التأكسدي بما في ذلك أمراض القلب والأوعية الدموية والسرطان وأن أوراق المورينجا أوليفيرا هي مصدر جيد للفلافونويدات .

وأوضح Sreelatha and Padma (2009) أن المحتوى العالي من مركبات الفلافونويدات والفينولات في أجزاء مختلفة من نبات المورينجا وخاصة الأوراق يساعدها على تقليل الضرر التأكسدي للجزيئات الحيوية الرئيسية من خلال تثبيط بيروكسيد الدهون ونشاط أوكسيد النيتريك وأحداث إنحلال للديوكسي رايبوز deoxyribose مما يمنع توليد الجذور الحرة . وبيَّن Atawodi *et al.*(2010) أن الكيروستين في أوراق المورينجا المجففة هو أحد مضادات الأكسدة القوية ويتواجد بتركيز 100 ملغم.100 غم$^{-1}$. وأستنتج Augustin *et al.*(2011) في دراستهم أن مركبات الفينولات والفلافونويدات تثبط أنزيم السكريز المعوي intestinal sucrase وإلى حد ما نشاط إنزيم ألفا أميليز البنكرياسي pancreatic α-amylase . كما أثبت Manohar *et al.* (2012) في دراستهم أن مركبات الفلافونويدات تلعب دوراً مهماً في عمل سكر الدم .

إذ أوضح Sultana and Anwar (2008) و Coppin *et al.*(2013) إن مركبات الفلافونويدات الرئيسية الموجودة في أوراق نبات المورينجا أوليفيرا هي المريسيتين myrecytin والكيورسيتين quercetin والكامبفيرول بتراكيز 5.8 و 0.207 و 7.57 ملغم.غم$^{-1}$ ، على التوالي . وتعد الفلافونويدات من المركبات التي لها أدوار مهمة في تنظيم الدهون والمساهمة في تثبيط نشاط الكوليسترول cholesterol esterase في البنكرياس وبالتالي تقليل وتأخير إمتصاص الكوليسترول

والأحماض الصفراوية عن طريق تشكيل معقدات غير قابلة للذوبان وزيادة طرح البراز وبالتالي تقليل تراكيز الكوليسترول في البلازما (Adisakwattana and Chanathong, 2011; Siasos *et al.*, 2013) . وقد بيّن Jaiswal *et al.* (2013) أن المحتوى العالي من الفلافونويدات والفينولات في المستخلص المائي لأوراق المورينجا يحمي من الضرر التأكسدي لدى الأفراد العاديين ومرضى السكري . وكما أظهرت دراسة Omotesho *et al.*(2013) إن أوراق نبات المورينجا هي مضادات أكسدة كبيرة بسبب أحتوائها على مستويات عالية من الفلافونويدات وحامض الأسكوربيك (فيتامين C) والكاروتينات . في حين أشار Kumar and Pandey (2013) و Bovicelli *et al.*(2002)إن الأوراق المجففة لنبات المورينجا هي مصدر كبير لمركبات البولي فينولات Polyphenols مثل الفلافونويدات حيث إن الفلافونويدات التي يتم تصنيعها في النبات كإستجابة للإصابات الميكروبية لديها حلقة بنزو-گاما-بيرون benzo-γ-pyrone كتركيب مشترك .

وقد توصل Al-Malki and El Rabey (2015) في دراستهم أن مركبات الفلافونويدات في مسحوق بذور المورينجا أوليفيرا تتخلص من Reactive oxygen species (ROS) المتحررة من المايتوكوندريا وبالتالي حماية خلايا بيتا والحفاظ على إرتفاع مستوى السكر في الدم والسيطرة عليه . كما أشار Nuha *et al.* (2016) في نتائجهم إلى أن المحتوى الكلي للفلافونويدات في غرام واحد من أوراق نبات المورينجا أوليفيرا المجففة كان 22.5 ملغم .غم$^{-1}$ تم تحديده على أنه روتين Rutin وفقاً لمعادلة الخط المستقيم (Rajab *et al.*, 2016) .

وقد أوضح Castillo-López *et al.* (2017) في دراستهم أن أوراق نبات المورينجا أوليفيرا بالشكلين المختلفين (مورنجا ذات القرنات الطويلة Long pod ومورنجا ذات القرنات القصيرة short pod) ذات محتوى كلي للفلافونويدات بلغ (60.3 و 55.7) ملغم.غم$^{-1}$ ، على التوالي .

2 – 6 – 4 : المركبات الفعالة والأحماض الدهنية :

الستيرولات النباتية Phytosterols هي من مركبات الأيض الثانوي والتي تنتج بصورة طبيعية في العديد من النباتات ولها قيمة علاجية كبيرة مطلوبة لخفض نسبة الكولسترول في الدم ، حيث تتراوح الكميات النموذجية المأخوذة من الستيرولات النباتية في النظام الغذائي في أمريكا الشمالية بين 300-400 ملغم.يوم$^{-1}$ ، وأن أكثر من 200 نوع من الستيرولات النباتية المختلفة توجد في العديد من الأنواع النباتية حيث تحتوي الأغشية النباتية على عدة أنواع منها والتي تشبه في تركيبها الكوليسترول ولكنها تتضمن مجموعة مثيل أو أثيل وبشكل عام إنها تعمل على إستقرار أغشية الخلايا النباتية مع زيادة في نسبة الستيرول / الفوسفوليبيد مما يؤدي إلى تصلب الغشاء

(Moreau *et al.* , 2002) . فقد وجد Tsaknis *et al.* (1999) في نتائجهم أن زيت بذور نبات المورينجا أوليفيرا يحتوي على مستويات عالية من السيتوسترول β-sitosterol بلغت 50.07 ٪ والستيجماسترول stigmasterol بلغت 17.27 ٪ والكامبيسترول campesterol بلغت 15.13 ٪ . أكدت نتائج Khawaja *et al.* (2010) أن بذور نبات المورينجا المحصودة من غابات منطقة كوهات في مقاطعة الحدود الشمالية الغربية في باكستان يكون الزيت فيها ذات مكونات من الستيرولات النباتية الرئيسية وهي β-sitosterol 46.16 % و campesterol 17.59 % و stigmasterol 18.80 % . أوضح Halaby *et al.* (2013) أن أوراق نبات المورينجا أوليفيرا تحتوي على السيتوسترول sitosterol النشط حيوياً والذي قد يكون مسؤول عن خفض الكوليسترول في بلازما الفئران عالية الدهون . وبيّن Titi *et al.* (2013) إن أوراق شجرة المورينجا أوليفيرا غنية بالسترولات النباتية phytosterols مثل ستيغماسترول stigmasterol وسيتوسترول sitosterol وكامبيسترول campesterol والتي تعتبر مواد أولية للهرمونات وهذه المركبات تزيد من إنتاج هرمون الإستروجين estrogen مما يحفز بدوره إنتشار قنوات الغدة الثدية لإنتاج الحليب حيث يتم إستخدامه لعلاج سوء التغذية لدى الأطفال الذين تقل أعمارهم عن 3 سنوات . وأشار Abdull Razis *et al.* (2014) إن العديد من المركبات النشطة بيولوجياً ومنها - βsitosterol الموجودة في نبات المورينجا أوليفيرا هي مسؤولة عن الخصائص المضادة للسرطان . ومن بين الستيرولات النباتية يستخدم البيتا-سيتوستيرول β-sitosterol والكامبيسترول campesterol والستيجماسترول stigmasterol عادة لأمراض القلب وإرتفاع كوليسترول الدم وتعديل نظام المناعة والوقاية من السرطان ولها أنشطة مضادة للإلتهابات وإستحثاث موت الخلايا المبرمج في الخلايا السرطانية وكذلك لألتهاب المفاصل والسل وسرطان عنق الرحم وتساقط الشعر وتضخم البروستات الحميد (Saeidnia *et al.*, 2014) . وقد أثبت Ras *et al.* (2015) في دراستهم أن تناول الستيرولات النباتية مرات عديدة يؤدي إلى تغييرات أيجابية في مستويات الدهون وبالتالي يقل خطر الإصابة بأمراض القلب . وقد توصلت Alkhlefawi (2017) في نتائجها إلى وجود تأثير معنوي للحديد النانوي المخلبي المضاف رشاً لنبات المورينجا أوليفيرا في معدل النسبة المئوية للستيرولات النباتية Phytosterols وهي Stigmasterol و campesterol في الأوراق إذ بلغت 6.83 و 4.75 % على التوالي مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة والتي أعطت معدل بلغ 5.94 و 4.35 % على التوالي نفسه .

أنَّ الأحماض الدهنية هي الوحدات الأساسية للدهون أو الدهون الثلاثية وهي مصادر بديلة للطاقة ، لأنه عندما يتم أيضها تنتج كمية كبيرة من طاقة الـ ATP مقارنة بالكلوكوز ، ويمكن أن تكون الأحماض الدهنية مشبعة أو غير مشبعة وتصنف أيضًا على أنها أساسية أو غير ضرورية ،

حيث الأساسية منها هي تلك التي يجب تضمينها في النظام الغذائي لأن الجسم لا يستطيع تصنيعها ومن الأمثلة على ذلك حامض اللينوليك linoleic (حامض أوميكا 6 الدهني) وحامض ألفا-اللينولينيك α-Linolenic (حامض أوميغا 3 الدهني) (Chukwuebuka, 2015) .

ومن المعروف إن الحامض الدهني أوميكا-3 يقلل من تخثر الدم ويقلل من خطر الإصابة بأمراض القلب بينما يزيد حامض أوميغا-6 الدهني من تخثر الدم وعادةً ما يؤدي نقص الأحماض الدهنية الأساسية إلى آثار فسيولوجية مثل إضطرابات الجلد وتأخر التئام الجروح وتقرحات في فروة الرأس عند الرضع والإسهال (Olusanya, 2008) . وذكر Abdulkarim *et al.* (2005) تكون بذور نبات المورينجا غنية بالدهون ويتواجد بشكل رئيسي الحامض الدهني stearic acid وحامض البالمتيك المشبع saturated palmitic acid وحامض الأوليك oleic acid وهي تمثل حوالي 30 ٪ من الوزن الجاف . وقد وجد الباحثان Iqbal and Bhanger (2006) أن مستخلصات الأوراق المختلفة ثبطت حوالي 89.7 - 92.0 ٪ من أكسدة حامض اللينوليك linoleic acid وكان لها أنشطة كبيرة لكسح جذر الأوكسيد الفائق superoxide anion بطريقة تعتمد على الجرعة في نظام حامض بيتا-كاروتين-اللينوليك β-carotene-linoleic acid كما ذكرا أن درجة الحرارة البيئية وخصائص التربة لها تأثيرات كبيرة في نشاط مضادات الأكسدة لأوراق المورينجا .

كما أشار Moyo *et al.* (2011) أن الأحماض الدهنية مثل حامض اللينولينيك linolenic acid وحامض البالمتيك palmitic acid هي المكونات الرئيسة لأوراق نبات المورينجا بالإضافة إلى ذلك فإن المحتوى الغذائي العالي الموجود في الأوراق المجففة هو مؤشر على فائدة النبات كمصدر غذائي . وقد وجد Castillo-López *et al.* (2017) في نتائجهم إلى أن أوراق شجرة المورينجا أوليفيرا هي مصدر مهم للأحماض الدهنية التي يمكن إستخدامها في الصناعات الغذائية والصيدلانية ، ووجدوا أن أوراق نبات المورينجا أوليفيرا بالشكلين المختلفين (مورنجا ذات القرنات الطويلة Long pod ومورنجا ذات القرنات القصيرة Short pod) تكون الأحماض الدهنية الرئيسية فيها هي حامض اللينولينيك Linolenic وتبلغ قيمته (62.72 % و 66.19 ٪) على التوالي وحامض اللينوليك linoleic ويبلغ مقداره (9.65 و 7.64 ٪) ، على التوالي والحامض الدهني المشبع stearic acid بلغ (2.71 و 2.66 ٪) ، على التوالي .

وقد أظهرت Alkhlefawi (2017) في دراستها إلى وجود تأثير معنوي لإضافة الحديد النانوي المخلبي رشاً على نبات المورينجا أوليفيرا بتركيز 4 غم.لتر$^{-1}$ في معدل النسبة المئوية للأحماض الدهنية Linoleic acid و α-Linolenic و Stearic والتي أعطت أعلى معدل بلغ 4.47 و11.59 و 2.27 % على التوالي ، مقارنة بنباتات معاملة السيطرة والتي أعطت أدنى معدل بلغ 3.29 و 8.98 و 1.59 % على التوالي نفسه .

2 – 7 : تأثير الحديد المعدني والنانوي المخلبي وطريقة الإضافة في الصفات التشريحية لأوراق وسيقان النبات

هناك الكثير من الدراسات التشريحية لأنسجة الساق والأوراق لنباتات مختلفة ومعرفة تأثير أضافة المغذيات وبالذات الحديد على تلك الأنسجة منها دراسة Agamy (2004) على نبات البطاطا الحلوة *Ipomoea batatas* وفي دراسة أجروها Ahmad Nazarudin *et al.* (2007) على نبات *Syzygium campanulatum* ، و Xu *et al.* (2008) على نبات الخردل *Sinapis* إذ وجدوا زيادة في سمك البشرة والقشرة وعدد وأبعاد الحزم الوعائية للساق . كما درس Mohammed (2005) تأثير المغذيات ومنها الحديد على أنسجة ساق نبات الشبنت *Anethum graveolens* ، كما بيّن كل من Youssef and Abd El-Aal (2013) تأثير الإضافة في الصفات التشريحية لنبات المورينجا التي أدت إلى الزيادة في سمك أنسجة الورقة والساق ، أما Ahmad Nazarudin *et al.* (2015) فقد درسوا الصفات التشريحية لأنسجة نبات البندة الذهبية *Xanthostemon chrysanthus* كالأنسجة الورقية ومنها النسيج العمادي والأسفنجي وأنسجة الساق كالخشب واللحاء والكامبيوم إذ تأثرت هذه الأنسجة أيجاباً نتيجة المعاملة بالحديد وعناصر أخرى ، كذلك الحال في دراسة Salama and Yousef (2015) على نبات الريحان المقدس *Ocimum sanctum* .

ومن الدراسات التشريحية كذلك دراسة El-Desouky (2017) على نبات الخيار *Cucumis sativus* إذ أدت إضافة الحديد النانوي والحديد المعدني بتراكيز مختلفة إلى تغيرات تشريحية كزيادة في أنسجة الساق مثل سمك الخشب واللحاء وسمك الساق وسمك الكامبيوم وسمك النسيج السكلرنكيمي وسمك اللب . أما في الورقة فكانت زيادة في سمك النسيج الأسفنجي والعمادي ونسيج الخشب وعدد الأوعية واللحاء . ومن الملاحظ أن أغلب الدراسات السابقة الذكر كانت على أنسجة مقاطع الساق والورقة ولم تتوفر دراسة تخص تأثير الحديد في بشرة الأوراق عدا دراسة Gangrong shi *et al.* (2014) لنبات الفول السوداني peanuts إذ تم دراسة تأثير نقص الحديد في بشرة أوراق النبات وبالخصوص الثغور فقط . أما الدراسات التشريحية لنبات المورينجا بتأثير إضافة الحديد فلم تتوفر لدينا سوى دراستين ، أحداهما دراسة Abou-Shlell *et al.* (2017) لنبات المورينجا بتطبيق الرش الورقي لمادة Lithovit و(Ca , Mg , and Fe nano particales) إذ أدت المعاملة إلى زيادة في الصفات الخضرية والكمية فضلاً عن التشريحية ، فقد سجل زيادة في أنسجة الساق والأوراق مثل قطر الساق وسمك الخشب واللحاء وأبعاد الأوعية . أما الدراسة الثانية لنبات المورينجا هي دراسة AbdulRahaman *et al.* (2018) للصفات التشريحية للأوراق ،

لثلاثة نباتات من ضمنها نبات المورينجا بتأثير sodium azide و nitrous acid ، حيث بيّن الباحثين في دراستهم إن الزيادة في كثافة الثغور للأنواع النباتية المدروسة نتيجةً للمعاملة بالمطفرات مفيدة أيضاً لفسيولوجيا المحاصيل الغذائية أو الأشجار أو نباتات الزينة التي تعيش في المنطقة الإستوائية أو المنطقة المعتدلة وذلك لأن الزيادة في كثافة الثغور ستزيد من معدل النتح وهذا سيؤدي إلى زيادة التمثيل الضوئي للنبات وبالتالي تشجع نمو النبات بمعدل أسرع خلال موسم الأمطار وزيادة إنتاج المحاصيل . وفي الوقت نفسه ، إذا حدثت هذه الزيادة في كثافة الثغور في موسم الجفاف فقد يؤدي ذلك إلى خلل فسيولوجي مثل الذبول وإن الزيادة في كثافة الثغور تعني زيادة في عدد الخلايا الحارسة وبما أن البلاستيدات الخضراء موجودة بكثرة في خلايا النسيج الميزوفيلي والخلايا الحارسة فإن هذا سيزيد بإستمرار خلايا البلاستيدات الخضراء التي تحتوي على كميات كبيرة من جزيئات الكلوروفيل على أسطح الورقة .

الفصل الثالث

المواد وطرائق العمل

Materials and Methods

3- المواد وطرائق العمل Materials and Methods

3-1: تهيئة الأصص

نفذت تجربة عاملية Factorial experiment في أصص بلاستيكية سعة الأصيص 15 كغم بواقع 12 كغم تربة.أصيص$^{-1}$ في أحدى مشاتل كربلاء المقدسة الخاصة وحسب التصميم تام التعشية Completely Randomized Design (C.R.D.) للموسم 2018 – 2019 إذ زرعت بذور المورينجا في مهاد بلاستيكية مليئة بالبتموس بعد نقعها بالماء لمدة يوم كامل بتاريخ 21-3-2019 . أخذت نماذج من تربة الأصص قبل الزراعة وتم تحليلها للكشف عن صفاتها الفيزيائية والكيميائية في المختبر المركزي لكلية الزراعة / جامعة بغداد وكما مبين في جدول (4) .

جدول 4 : بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة الأصص

التحليل	وحدة القياس	القيمة
EC 1:1	$ds.m^{-1}$	3.53
pH	--------	7.29
النتروجين الجاهز	غم. كغم$^{-1}$ تربة	21.0
الفسفور الجاهز		3.36
البوتاسيوم الجاهز		426.72
الحديد الجاهز		18.7
الحديد الكلي	غم. كغم$^{-1}$	0.24
المادة العضوية O.M		0.73
رمل	غم . كغم$^{-1}$ تربة	276
غرين		324
طين		400
صنف النسجة	مزيجية طينية	Clay loam

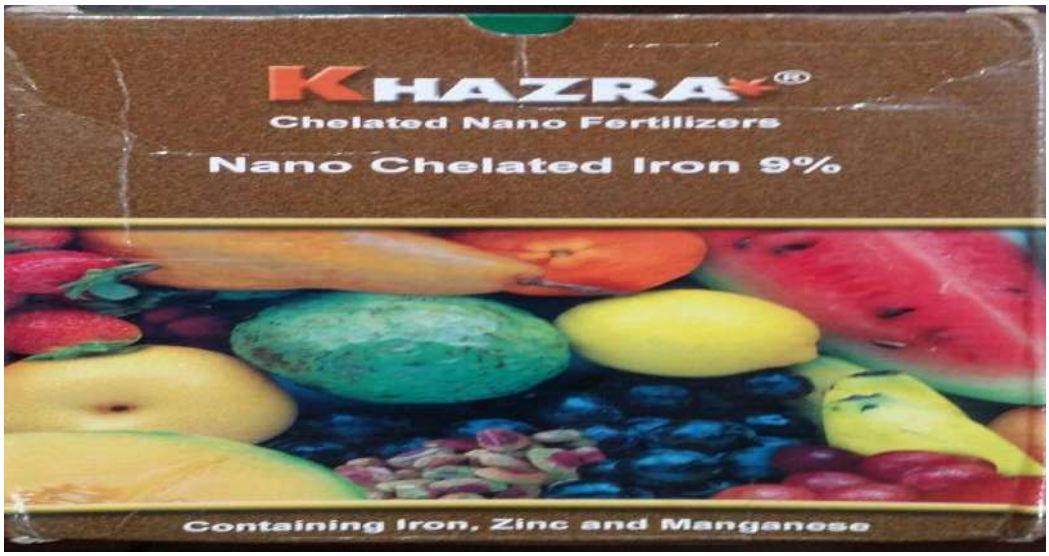
2-3 : المعاملات المستعملة في التجربة

تضمنت التجربة ثلاثة عوامل وبثلاثة مكررات إذ مثل العامل الأول طريقة الإضافة (التسميد الورقي والتسميد الأرضي) والعامل الثاني هو الحديد المعدني $FeSO_4.7H_2O$ وبثلاث تراكيز هي 0 و 0.9 و 1.8 غم.لتر$^{-1}$ وهي تكافيء 0 و 180 و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد على التوالي ، ومثل العامل الثالث الحديد النانوي المخلبي وبثلاثة تراكيز هي 0 و 2 و 4 غم.لتر$^{-1}$ وهي تكافيء 0 و 180 و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد على التوالي ، وزعت عشوائيا على جميع الوحدات التجريبية وعليه كان عدد الوحدات التجريبية في هذه الدراسة هي 54 وحدة تجريبية .

3-3 : تحضير المعاملات Treatments preparation

1-3-3 : تراكيز الحديد النانوي Nano Iron concentrations

أستعمل الحديد النانوي المخلبي Nano Chelated Iron (صورة 5) الذي تم شراؤه من شركة الخضراء للأسمدة النانوية Khazra Nano Chelated Fertilizer في إيران (وهو مسحوق قابل للذوبان بالماء بصورة كاملة ومكون من 9% حديد نانوي إضافة إلى عنصري الزنك والمنغنيز) كسماد رشاً على الأوراق مرة وأضافة إلى التربة مرة أخرى بثلاثة تراكيز هي 0 و 2 و 4 غم.لتر$^{-1}$ وهي تكافيء 0 و 180 و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد وبثلاثة رشات (رشة كل 4 أسابيع بدأً الرش عند مرحلة 4–6 ورقة) ، وذلك بوزن كل تركيز على إنفراد ووضعه في المرشة وإكمال الحجم بإضافة الماء المقطر، بينما كانت معاملة السيطرة بإستعمال الماء المقطر فقط .



صورة 5 :سماد الحديد النانوي المخلبي

2-3-3 : تراكيز الحديد المعدني Mineral Iron concentrations

أستعمل الحديد المعدني Mineral Iron (صورة 6) وهو مسحوق قابل للذوبان بالماء بصورة كاملة كسماد أما رشاً على الأوراق أوإضافة إلى التربة بثلاثة تراكيز وهي 0 و 0.9 و 1.8 غم.لتر$^{-1}$ من المركب $FeSO_4.7H_2O$ والتي تكافيء 0 و 180 و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد بثلاث رشات (رشة كل 4 أسابيع بدأً الرش عند مرحلة 4–6 ورقة) ، وذلك بوزن كل تركيز على إنفراد ووضعه في المرشة وإكمال الحجم بإضافة الماء المقطر، بينما كانت معاملة المقارنة بإستعمال الماء المقطر فقط . وتم إستعمال قطرة من محلول الزاهي (محلول التنظيف) لتقليل الشد السطحي للماء ولضمان البلل التام للأوراق وزيادة كفاءة محلول الرش الصحاف (1989) . وتم مراعاة الرش في أوقات الصباح الباكر وفي المساء لتلافي إرتفاع درجات الحرارة وفي الأوقات التي لاتوجد فيها رياح .

صورة 6 : سماد الحديد المعدني

3-4 : الزراعة وتنفيذ المعاملات Planting and treatments application

تم إستيراد البذور من جمهورية مصر العربية عن طريق أحد المكاتب الزراعية في محافظة كربلاء ، وزُرعت بتاريخ 2019/3/21 لإنتاج الشتلات في الأطباق البلاستيكية ، (بعد تنقيعها بالماء لمدة يوم كامل) ثم تم شتل البادرات بعد مرور أسبوعين من البذار بتاريخ 2019/4/5 بواقع شتلة واحدة لكل أصيص بثلاثة مكررات لكل معاملة . وتم حساب الوزن الجاف للمجموعين الجذري والخضري لخمسة شتلات قبل المعاملة والتي تم أخذها من أصص إضافية زرعت لهذا الغرض وعدت هذه العينات كعينة أولى وعند إنتهاء التجربة عُد الوزن الجاف للمجموعين الجذري والخضري كعينة ثانية وذلك من أجل حساب معدلات النقل والإمتصاص للعناصر N وP وK وFe ،

تم إضافة الدفعة الأولى من تركيزي الحديد النانوي المخلبي رشاً للمجموع الخضري وإضافةً للتربة بتاريخ 2019/5/21 وذلكَ عند بلوغ النباتات لمرحلة 4-6 أوراق حقيقية ، وكذلك أضيفت الدفعة الأولى من تركيزي الحديد المعدني في اليوم التالي 2019/5/22 رشاً للمجموع الخضري وأضافةً للتربة ، وأستعملت المرشة اليدوية سعة (1لتر) في إجراء المعاملات التي رُشّت في الصباح الباكر حتى حصول البلل التام للنباتات مع مراعاة فصلها بقطع من الكارتون أثناء الرش لضمان عدم تطاير الرذاذ بين المعاملات المتجاورة مبتدأين بالتركيز الأقل ثم الأعلى ، وتم سقي الأصص جيداً قبل الرش وذلك لزيادة كفاءة النباتات في إمتصاص المادة المرشوشة إذ أن للرطوبة دور في عملية إنتفاخ الخلايا وفتح الثغور فضلاً عن كون السقي قبل الرش يعمل على تخفيف تركيز الذائبات في خلايا الورقة فيُزيد من نفاذ آيونات محلول الرش إلى خلايا الورقة (الصحاف ، 1989) ، ورشت معاملة السيطرة بالماء المقطر فقط ، وأضيفت الدفعتين الثانية والثالثة من تركيزي الحديد النانوي والمعدني بعد كل شهر من كل أضافة وبالطريقة نفسها . أُجريت كافة العمليات الزراعية المتبعة في إنتاج هذا النبات من عزق وتعشيب وري وتسميد (NPK) ومكافحة وقائية ضد الحشرات والأمراض ، إذ رشت بمبيد حشري سيتابرايد Cetaprid 200 بتركيز 1غم.2لتر$^{-1}$ للوقاية من خنافس ونطاطات الأوراق وحفارات الأنفاق والحشرات الماصة ومبيد AbaMeck 36EC بتركيز 1مل.2لتر$^{-1}$ للوقاية من العناكب .

3-5 : القياسات التجريبية

3-5-1 : قياسات مؤشرات النمو الخضري

أُخذت قياسات النمو الخضري للشتلات بتاريخ 2019/10/20 بعد سبعة أشهر من تاريخ إنبات البذور وذلك بأخذ ثلاث نباتات لكل صفة من الصفات الآتية :

3-5-1-1 : إرتفاع النبات (سم) Plant height

تم قياس إرتفاع النبات بإستعمال شريط القياس في كل وحدة تجريبية لكل مكرر من سطح التربة إلى قمة النبات وإستخرج متوسط إرتفاع النبات .

3-5-1-2 : قطر الساق (سم) Stem diameter

قيس قطر الساق الرئيس في كل وحدة تجريبية على بعد 10 سم من سطح التربة من منطقة السلامية الأولى للشتلة بواسطة القدمة الألكترونية Vernier Caliper Digital وسجل المعدل .

3-5-1-3 : عدد الأفرع (فرع.نبات$^{-1}$) Branches Number per Plant

تم حساب عدد الأفرع الجانبية للساق الرئيس للنبات لكل وحدة تجريبية .

3-5-1-4 : عدد الأوراق (ورقة.نبات$^{-1}$) Number of leaves

تمَّ حساب عدد الأوراق من كل معاملة لكل مكرر وثم أستخرج معدل عدد الأوراق لنبات كل مُعاملة .

3-5-1-5 : المساحة الورقية الكليّة للنبات (م^2.نبات$^{-1}$) Total leaf area

تم أخذ 5 أوراق عشوائياً إبتداءً من أسفل النبات إلى قمته وحسب معدل مساحة الورقة الواحدة من كل معاملة لكل مكرر بإستعمال الماسح الضوئي بوساطة برنامج Digimizer في نظام التشغيل Windows 7 operating system والمحمل على جهاز حاسوب نوع Dell وبضرب مساحة الورقة الواحدة × عدد الأوراق للنبات حُسِبت المساحة الورقية الكلية للنبات (Carvalho *et al.*, 2017) وفق المعادلة الآتية :

$$\text{المساحة الورقية الكلية للنبات } (\text{م}^2 \cdot \text{نبات}^{-1}) = \frac{\text{معدل مساحة الورقة الواحدة } (\text{سم}^2)}{10000} \times \text{عدد الأوراق للنبات الواحد}$$

3-5-1-6 : الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم.نبات$^{-1}$)

وتم ذلك بأخذ الوزن الجاف للأوراق والساق والتفرعات (المجموع الخضري) معاً حيث تم ذلك بعد نزع الأوراق من النباتات وفصلها عن الساق والتفرعات وتم وضع المجموع الخضري في أكياس ورقية مثقبة في فرن كهربائي وعلى درجة حرارة 65 م حتى ثبات الوزن وبعد ذلك تم وزنها بميزان كهربائي حساس .

3-5-1-7 : الوزن الجاف للمجموع الجذري (غم.نبات$^{-1}$)

بعد قلع النباتات من الأصص المزروعة فُصل المجموع الخضري عن المجموع الجذري وتم غسل الجذور بالماء لإزالة الأتربة العالقة ثم وضعت الجذور في أكياس ورقية مثقبة في فرن كهربائي وعلى درجة حرارة 65 م ولحين ثبات الوزن وتم حساب الأوزان بواسطة الميزان الكهربائي الحساس نوع Sartorious .

3-5-1-8 :نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري \ الوزن الجاف للمجموع الخضري Root / Shoot ratio

تم حساب نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري \ الوزن الجاف للمجموع الخضري لكل معاملة من كل مكرر طبقاً للمعادلة التالية :

نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري \ المجموع الخضري = الوزن الجاف للمجموع الجذري للنبات / الوزن الجاف للمجموع الخضري لنفس النبات

3-5-1-9 : طول الجذر (سم) Root length

تم قياس معدل طول الجذر بواسطة شريط قياس مدرج من قاعدة الجزء الخضري من منطقة أتصال الساق (التاج) بالجذر حتى نهاية الجذر .

3-5-1-10 : حجم الجذر (سم^3) Root volume

تم قياس حجم المجموع الجذري للنباتات بإستعمال أسطوانة مدرجة بحجم معلوم من الماء وبحسب الإزاحة .

3-5-1-11 : قطر الجذر (سم) Root diameter

تم حساب معدل قطر الجذر حسب معادلة Schenk and Barber (1980) .

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{V}{L} \times \pi}$$

حيث أن : D : قطر الجذر (سم) .
V : حجم الجذر (سم^3) .
L : طول الجذر (سم) .
π : النسبة الثابتة = 3.14

3-5-1-12 : معدل النمو المطلق (غم.يوم$^{-1}$) Absolute Growth Rate (AGR)

$$AGR = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1}$$

حيث إن W_1 , W_2 وزن النبات الكلي (الخضري والجذري) الجاف (غم) في الزمن T_1 و T_2 على التوالي (Hunt, 1982) .

3-5-1-13 : معدل النمو النسبي (غم.غم$^{-1}$.يوم$^{-1}$) Relative Growth Rate (RGR)

$$RGR = \frac{Ln\ W_2 - Ln\ W_1}{T_2 - T_1}$$

حيث إن : W_1 و W_2 : هما وزن النبات الكلي (الخضري والجذري) الجاف (غم) في الزمنين T_1 و T_2 على التوالي ، Ln : اللوغارتيم الطبيعي (Hunt, 1982).

3-5-2 : الصفات الكيموحيوية للنبات

3-5-2-1: محتوى الأوراق من العناصر المعدنية Mineral Contents of Leaves

3-5-2-1-1: الهضم الرطب لعينات الأوراق

هضمت العينات النباتية لأوراق المورنجا وفقاً لطريقة Cresser and Parsons (1979) بأخذ 0.2 غم من المادة الجافة المطحونة ووضعها في أنابيب الهضم الزجاجية سعة 100 مل وإتباع طريقة الهضم الثنائي Di-acid digestion من خلال إضافة 5 مل من حامض الكبريتيك المركز H_2SO_4 إلى إنبوبة الهضم مع إضافة 2 مل من حامض البيروكلوريك $HClO_4$ لزيادة كفاءة عملية الأكسدة وبعد ذلك وضعت الأنابيب في حمام رملي مزود بمصدر حراري إلى أن يصبح لون المحلول رائقاً ثم تبرد ويكمل الحجم إلى 100 مل بالماء المقطر ويتم ترشيحه ليصبح جاهزاً للتقدير وفقاً للطريقة الخاصة بكل عنصر وكما يلي :

3-5-2-1-2: النسبة المئوية للنتروجين (%)

قُدِّر النتروجين باستعمال جهاز المايكروكلدال Micro kjeldahl apparatus كما ورد في (الصحاف ، 1989) .

3-5-2-1-3: النسبة المئوية للفسفور (%)

قدِّر الفسفور للأوراق النباتية المهضومة بإستعمال طريقة مولبيدات الأمونيوم وحامض الأسكوربيك بإستعمال جهاز المطياف الضوئي UV-visible spectrophotometer وعلى طول موجي 620 نانوميتر وفق الطريقة الواردة في (الصحاف ، 1989) .

3-5-2-1-4 : النسبة المئوية للبوتاسيوم (%)

قدِّر البوتاسيوم في عينة الأوراق النباتية المهضومة بإستعمال جهاز اللهب Flame photometer حسب ما ذكر في (Horneck and Hanson, 1997) .

3-5-2-1-5 : محتوى الأوراق من الحديد (ملغم.كغم$^{-1}$)

قدر محتوى عنصر الحديد لعينات الأوراق النباتية المهضومة بإستخدام جهاز طيف الإمتصاص الذري Atomic Absorption- Spectrophotometer وعلى طول موجي 248.3 نانوميتر ومعايرتها مع المنحني القياسي للحديد (Temminghoff and Houba, 2004) .

6-1-2-5-3:حساب معدلات الإمتصاص Im والنقل $\bar{V}$ للعناصر الغذائية N وP وK وFe

A - حساب معدلات الإمتصاص Im (Ion movement)

تم حساب معدلات إمتصاص بعض المغذيات (N , P , K , Fe) من خلال حساب محتوى المجموع الخضري والجذري مـــــن المغذيات وفق معادلة (William, 1948) المحورة حيث يستبدل الوزن الطري بالوزن الجاف .

$$Im = \frac{Ln\ W_2 - Ln\ W_1}{T_2 - T_1} \times \frac{M_2 - M_1}{W_2 - W_1}$$

حيث أن :

Im : معدل إمتصاص العنصر خلال المدة ($T_2 - T_1$) .

W_1 : الوزن الأولي للنبات الكلي (للمجموعين الخضري والجذري) الجاف بالغرام عند الوقت T_1.

W_2 : الوزن النهائي للنبات الكلي (للمجموعين الخضري والجذري) الجاف بالغرام عند الوقت T_2.

M_1 : محتوى العنصر الأولي (للمجموعين الجذري والخضري) عند الوقت T_1 .

M_2 : محتوى العنصر النهائي (للمجموعين الجذري والخضري) عند الوقت T_2.

T : الوقت محسوب بالأيـام .

Ln : اللوغارتيم الطبيعــي .

B - حساب معدلات النقل $\bar{V}$ (Velocity rate)

تم حساب معدلات النقل للمغذيات قيد الدراسة وفق المعادلة الآتية :

$$\bar{V} = \frac{Ln\ W_2 - Ln\ W_1}{T_2 - T_1} \times \frac{M_2 - M_1}{W_2 - W_1}$$

حيث يتم أخذ محتوى العناصر (M_2 ، M_1) في المجموع الخضري فقط على إفتراض إن معدل النقل العكسي من القمة إلى الجذر يكون طفيفاً (Robson *et al.* , 1970) .

2-2-5-3: تقديرالنسبة المئوية للبروتين في الأوراق

قدّرت النسبة المئوية للبروتين في أوراق نبات المورنجا أوليفيرا وذلك بضرب النسبة المئوية للنتروجين في العامل 6.25 وفقاً لطريقة (Tkachuk, 1977) .

النسبة المئوية للبروتين (%) = النسبة المئوية للنتروجين (%) في الأوراق × 6.25

3-2-5-3: محتوى الكلوروفيل (ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري) Chlorophyll content

تم تقدير المحتوى الكلوروفيلي بحسب طريقة (Mackinney, 1941) و ذلك بسحق (0.2 غم) من الأوراق النباتية الطرية في (10 مل) من الأسيتون 80 % في هاون خزفي ، حيث تم السحق أولاً بكمية (3 مل) من الأسيتون ثم نقل المستخلص إلى قمع بخنر حاوي على ورقة ترشيح (Wathman's No.1) و أعيد سحق النسيج النباتي مع كمية أخرى من الأسيتون ، حتى إبيضت أنسجة الورقة وغسلت ورقة الترشيح بكمية من الأسيتون لإزالة الصبغات منها وجمع المستخلص الكلي في أنبوبة مدرجة ، و أكمل الحجم إلى (10مل) بعدها تم قياس الكثافة الضوئية للراشح بوساطة جهاز قياس الطيف الضوئي Spectrophotometer (نوع APEL–PD-303UV) عند الطولين الموجيين (663 و 645) نانومتر، للكلوروفيل A وB ، على التوالي وبتطبيق المعادلات الآتية تمَ حساب كمية الكلوروفيل الكلي :

$$\text{Total chlorophyll} = 20.2 \times D_{645} + 8.02 \times D_{663} \times \frac{V}{1000 \times W}$$

حيث أن :

D_{645} = الإمتصاص الضوئي على طول موجي قدره 645 نانوميتر .

D_{663} = الإمتصاص الضوئي على طول موجي قدره 663 نانوميتر .

V = الحجم النهائي لمستخلص الكلوروفيل = 10 مل .

W = الوزن الطري للنسيج الورقي = 0.2 غم .

3-2-5-4 : النسبة المئوية للكاربوهيدرات الكلية (مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف)

قدرت الكاربوهيدرات حسب طريقة (Agrawal *et al.* , 2015) .

طريقة العمل The procedure

قدرت بطريقة الفينول - حامض الكبريتيك (Agrawal *et al.*, 2015) . إذ أخذ 200 ملغم من العينة النباتية الجافة والمطحونة من كل معاملة ووضعت في أنبوبة إختبار ، ثم أضيف لها 5 مل من حامض الهيدروكلويك (2.5) نورمالي ثم سدت الإنبوبة وسخنت في حمام مائي على درجة حرارة 60º م ولمدة 30 دقيقة ثم بردت بدرجة حرارة الغرفة وتم إضافة كربونات الصوديوم الصلبة لمعادلة التفاعل حتى توقف ، وأكمل الحجم إلى 100 مل بإضافة الماء المقطر ونبذت مركزياً بواسطة جهاز الطرد المركزي بسرعة 3000 دورة/دقيقة ، وأخذ حجم 1 مل من الراشح وأضيف له 1 مل من الفينول بتركيز 5% مع 5 مل من حامض الكبريتيك المركز H_2SO_4 بتركيز 96 %

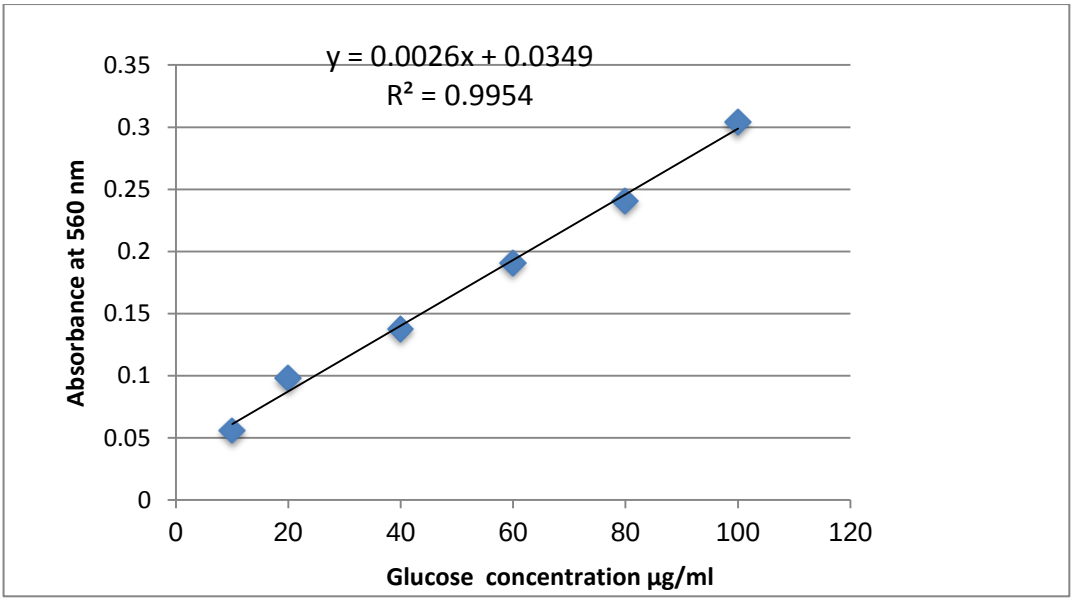
ومزج جيداً لمدة 10 دقائق ثم وضع في حمام مائي في درجة 25-30º م لمدة 20 دقيقة حتى يبرد . أما البلانك Blank فتكوّن من 1 مل من حامض الهيدروكلويك و 1 مل من الفينول تركيز 5 % و 5مل من H_2SO_4 المركز حيث أستعمل لمعايرة الجهاز calibration ، ثم قيست الإمتصاصية عند طول موجي 490 نانوميتر بإستعمال جهاز المطياف Spectrophotometer ، بعدها سقطت القراءات فوق المنحنى القياسي لسكر الكلوكوز شكل (1) .

المنحنى القياسي للكلوكوز : Glucose standard curve :

حُضر محلول الكلوكوز القياسي بتركيز 100مايكروغرام .مل$^{-1}$ باذابة 0.10 غم من الكلوكوز في كمية من الماء المقطر وأكمل الحجم إلى لتر واحد بإستخدام الماء المقطر ، ثم حُضرت تراكيز متدرجة من سكر الكلوكوز من محلول الكلوكوز بحسب الجدول (6) حيث أضيفت حجوم من محلول الكلوكوز في أنابيب بواقع أنبوبين لكل حجم وأضيف الحجم المناسب من الماء المقطر ، وبعدها أضيف إلى كل أنبوب 1 مل من محلول الفينول بتركيز 5 % و 5 مل من حامض الكبريتيك وأستعمل الأنبوب الأخير لمعايرة الجهاز Blank (بلانك) وقرأت الإمتصاصية بطول موجي 490 نانومتر وسجلت البيانات لرسم المنحى القياسي حسب طريقة (Joselyn, 1970) بتمثيل تراكيز السكر على محور السيني والإمتصاصية على المحور الصادي .

جدول 5 : يوضح تحضير تراكيز سكر الكلوكوز .

رقم الانبوب	مل من محلول الكلوكوز	مل من الماء المقطر	الحجم النهائي مليلتر	تركيز الكلوكوز (µg/ml)
1	1	0	1	100
2	0.8	0.2	1	80
3	0.6	0.4	1	60
4	0.4	0.6	1	40
5	0.2	0.8	1	20
6	0.1	0.9	1	10
7	0.0	1	1	0



شكل 1 : المنحنى القياسي للكلوكوز عند الطول الموجي (nm490)

3-5-2-5: تقديرفعالية الإنزيمات في الأوراق

3-5-2-5-1:تقدير فعالية إنزيم البيروكسيديز Peroxidase (POD)

A- المواد والمحاليل المستخدمة

1 – الـگواياگول Guaicaol 0.1 % : وتحضر بأخذ حجم 0.1 مل (100مايكروليتر) من الصبغة ويمزج مع 5 مل من كحول الإيثانول 70 % بشكل جيد ثم يكمل الحجم إلى 100 مل من الماء المقطر .

2- محلول بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 بتركيز 0.15 % : حضر بأخذ 0.5 مل من H_2O_2 30 % وأكمل الحجم إلى 100 مل في الماء المقطر .

3- محلول الفوسفات الدارئ phosphate buffer solution بتركيز 50mM و pH=7 :

محلول A : وحضر بإذابة 0.871 غم من K_2HPO_4 في كمية قليلة من الماء المقطر ثم يكمل الحجم إلى 100مل بالماء المقطر .

محلول B : وحضر بإذابة 0.6804 غم من KH_2PO_4 في كمية قليلة من الماء المقطر ثم أكمل الحجم إلى 100مل بالماء المقطر .

ولأجل الحصول على محلول فوسفيت المنظم (50mM عند pH =7) أضيف حجم معين من محلول B إلى (50 مل) من محلول A حتى وصول قيمة pH إلى7 .

B- طريقة العمل The procedure

لتقدير الفعالية الإنزيمية لإنزيم الـ POD تم سحق 1 غم من الأوراق النباتية الطرية مع 10 مل من الفوسفيت بفر Potassium phosphate buffer في هاون خزفي وتحت ظروف مبردة ثم رُشح المستخلص من خلال طبقتين من الشاش ووضع في الثلاجة بدرجة حرارة 2 مْ ونُبذ مركزياً بسرعة 15000 دورة في الدقيقة لمدة 20 دقيقة وبدرجة 4 م^{o} وتهيئتها لغرض تقدير الفعالية الإنزيمية فيما بعد وذلك بحسب الطريقة الموصوفة من قبل (Pitotti *et al.* , 1994) ثم قيست الأمتصاصية للأنزيم في جهاز spectrophotometer على الطول الموجي 436 نانوميتر ، وتم مراقبة التغير بالأمتصاصية لكل 30 ثانية ولمدة ثلاث دقائق . بعدها تم حساب الفعالية لإنزيم POD من خلال المعادلة التالية :

$$\text{الفعالية الإنزيمية } (U.g^{-1}) = \text{الميل} \times \frac{\text{الحجم الكلي لخلية الجهاز}}{\text{حجم الانزيم} \times \text{طول المسار الضوئي} \times \text{ثابت} \times 1000}$$

حيث أن :

- طول المسار الضوئي لخلية جهاز المطياف = 1 سم .
- ثابت النفوذية المولارية للـگواياگول = 6.4 ملي مولار/ سم ^{2} ولكن المطلوب هنا بوحدات المايكرومولار وليس الملي مولار ، لذلك نضرب المعادلة في 1000 .

3-5-2-5-2 : تقدير فعالية أنزيم Catalase (CAT)

قدرت فعالية إنزيم CAT بالطريقة الموصوفة من قبل (Aebi, 1984) ، إذ تعتمد الطريقة على مقدار التغير في الامتصاصية عند 240 نانوميتر لمحلول(30mM) من بيروكسيد الهيدروجين و(50mM) من المحلول الدارئ (Phosphate buffer) وعند pH=7

تحضير المحاليل Preparation of Solution

محلول فوسفيت بفر بتركيز 50mM و pH=7

محلول A : وحضر بإذابة 0.871 غم من K_2HPO_4 في كمية قليلة من الماء المقطر ثم يكمل الحجم إلى 100مل بالماء المقطر.

محلول B : وحضر بإذابة 0.6804 غم من KH_2PO_4 في كمية قليلة من الماء المقطر ثم أكمل الحجم إلى 100مل بالماء المقطر.

ولأجل الحصول على محلول فوسفيت المنظم (50mM عند pH =7) أضيف حجم معين من محلول B إلى (50 مل) من محلول A حتى وصول قيمة pH إلى7.

محلول بيروكسيد الهيدرجين H_2O_2 بتركيز 30 mM

حُضر بأخذ حجم 0.34 مل من H_2O_2 تركيز30% في كمية من محلول فوسفيت بفر بتركيز 50mM و pH = 7 ثم أكمل إلى 100 مل من المحلول المنظم .

طريقة العمل procedure :

سحق 1غم من الأوراق النباتية الطرية مع 10 مل من محلول الفوسفيت بفر وأضيف 0.3 غم من مادة Polyvinylpolypyrrolidone (PVP) أثناء السحق بإستعمال الهاون الخزفي تحته جريش من الثلج لمدة 5-10 دقائق ، ثم رُشح المستخلص من خلال طبقتين من الشاش وأخذ الراشح ونُبذ مركزياً بسرعة 10000 دورة في الدقيقة لمدة 10 دقائق وبدرجة 4 م . ثم أخذ 1 مل محلول فوسفيت بفر بتركيز 50 ملي مولاري ، pH=7 ثم أضيف 1 مل من محلول بيروكسيد الهيدرجين H_2O_2 بتركيز30 % (المادة الاساس لعمل الأنزيم) و40 مايكروليتر من المستخلص الأنزيمي فيكون حجم التفاعل 2.04 مل وحُضن على درجة حرارة 25 م لمدة دقيقة واحدة بعدها قرأت الإمتصاصية الخاصة عند طول موجي 240 نانوميتر .ويلاحظ إنخفاض الإمتصاصية بمرور الوقت ، مع إستعمال محلول الـ Blank المكون من المواد نفسها عدا إن المادة الأساس (H_2O_2) إستبدلت بمحلول فوسفيت بفر . حسبت فعالية إنزيم الـ Catalase من العلاقة التالية :

$$\text{Catalase activity (unit.g}^{-1}) = \frac{\Delta bs \setminus min \times \text{Reaction valume}}{0.01}$$

Δ bs = الفرق بين الإمتصاصية (الإمتصاصية الأولى – الإمتصاصية الثانية) أثناء الدقيقة .

Min = زمن التفاعل .

2.04 ml = Reaction valume

0.01= ثابت

3-5-2- 6: تقدير المواد الفعالة في الأوراق

3-5-2-6-1: تقدير تركيز فيتامين C و E في الأوراق (ملغم.كغم$^{-1}$)

تم تقدير الفيتامينات حسب طريقة Seal and Chaudhuri (2017) حيث تم تنظيف المواد النباتية وإزالة الأجزاء غير الصالحة ثم غسل الأجزاء الصالحة للأكل جيدًا بماء الحنفية ثم بالماء المقطر ، وتم تجفيف المواد النباتية المغسولة بقطعة قماش نظيفة ، بعد ذلك تم تقطيعها إلى

قطع صغيرة جداً وتجميدها في النيتروجين السائل وتجفيفها بالتجميد ثم حفظها عند درجة حرارة - 20 درجة مئوية حتى التحليل .

تم إستخلاص العينة بأخذ 5 غم من المادة النباتية المجففة بالتجميد ونقعها في 20 مل من الماء ثم يضاف 1 M من هيدروكسيد الصوديوم NaOH 0.1 مل و 25 مل منظم الفوسفات Phosphate buffer (تركيز 1 مول ، 5.5 pH) وتحفظ بالظلام لمدة 24 ساعة حيث يرشح المحلول أولاً من خلال ورق ترشيح (Whatman No. 1) والراشح الناتج يؤخذ ويوضع في دورق حجمي سعة 25 مل ويكمل المحلول إلى العلامة بماء درجة الـ HPLC ، يرشح محلول العينة خلال فلتر ترشيح إبعاده 0.45 مايكروميتر قبل الحقن بنظام الـ HPLC وتحفظ المحاليل الأساسية stock solutions في الثلاجة للإستعمالات الأضافية .

ظروف الـ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) :

الطور المتحرك = CH_3CN : 5 % Formic acid (40:60) .

العمود = C18-ODS (أبعاده 250 ملم * 4.6 ملم) .

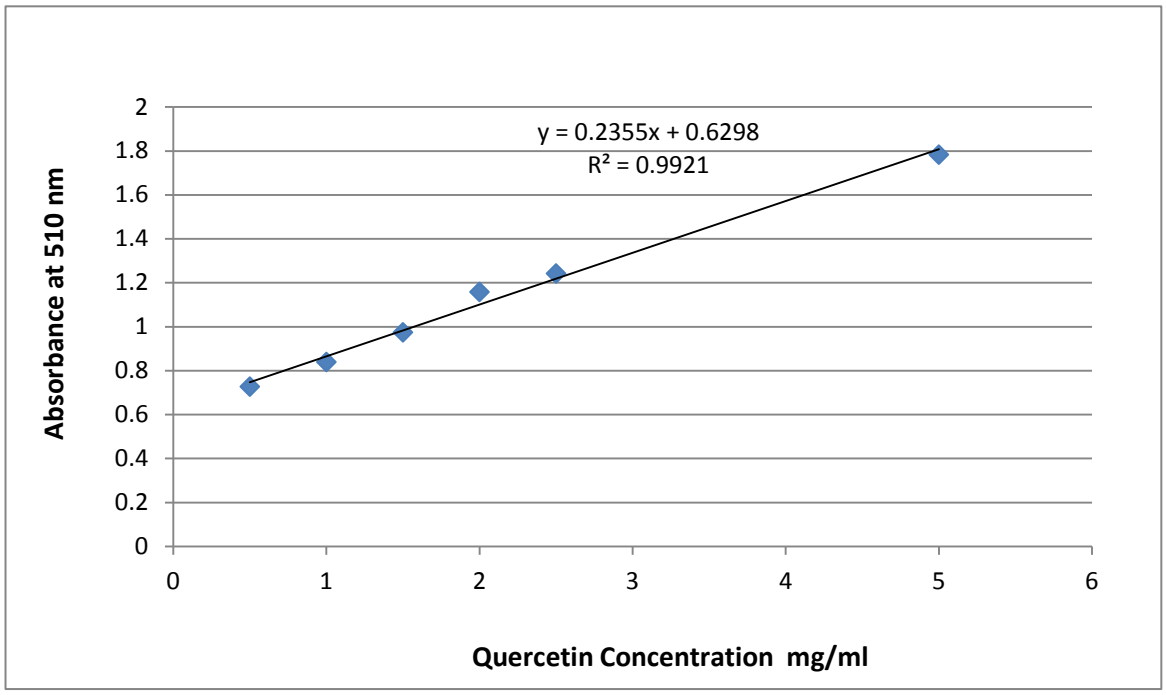
الكاشف = UV- 245,290 nm .

معدل التدفق = 1 مل / دقيقة .

3-5-2-6-2 : تقدير الفلافونويدات الكلية في الأوراق (ملغم.غم$^{-1}$)

تم تقدير الفلافونويدات الكلية في الأوراق حسب طريقة (Shirazi *et al.*, 2014) مع بعض التحوير ، وذلك باخذ 1 غم من مسحوق أوراق المورينجا المجففة من كل معاملة لكل مكرر وأضيف إليها 5 مل من الكحول الأثيلي 96% ثم مزج الخليط جيداً وترك لمدة 24 ساعة في درجة حرارة المختبر (25°م) ثم رشح المستخلص على ورقة ترشيح (Whatman No. 1) ، وأخذ 0.1 مل من المستخلص النباتي وأضيف إليه 0.5 مل ماء مقطر و 0.1 مل من نترات الصوديوم 5% $NaNO_3$ وترك لمدة 5 دقائق بدرجة حرارة الغرفة. ومن ثم اضيف 0.15 مل من 10% محلول كلوريد الالمنيوم $AlCl_3$ وترك 5 دقائق وبعد ذلك 0.2 مل من 1 مولر من NaOH تمت اضافته مباشرة إلى الخليط ومن ثم قيست الإمتصاصية على الطول الموجي 510 nm نانوميتر بواسطة جهاز spectrophotometer . وأستعمل الكيورستين Quercetin (Sigma-Aldrich, USA) كمعيار للمنحنى القياسي شكل(2) وذلك بإذابة 1غم من الكيورستين في 100 مل من الإيثانول وحضرت التراكيز التالية من المحلول القياسي (0.5 , 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 , 5.0) ملغم.مل$^{-1}$. وتمت إضافة المواد نفسها أعلاه إلى المحلول القياسي وقيست إمتصاصيته ، وتمت عملية حساب كمية الفلافونويدات من معادلة الإنحدار الخطي التي تم الحصول عليها من منحنى المعايرة للكيورستين ،

وعبِّر عنه بـ ملغم. غم$^{-1}$ من مكافئ الكيورستين Quercetin Equivalents (QE) من المستخلص الجاف .



شكل 2 : المنحنى القياسي للكيورستين عند الطول الموجي 510 نانوميتر

3-6-2-5-3 : تقدير النسبة المئوية للأحماض الدهنية في الأوراق (%)

إستخلاص الدهن من النموذج :

تم تقدير الدهون إستنادا إلى طريقة (AOAC., 1995) بإستعمال جهاز إستخلاص الدهون (soxhlet extractor) .

أسترة الدهون :

حضرت العينة حسب الطريقة المعتمدة من قبل (AOAC. , 1995) والمعتمدة على أسترة الدهون وذلك بتفاعلها مع هيدروكسيد البوتاسيوم الميثانولي والمحضر من إذابة 11.2 غم من هيدروكسيد البوتاسيوم وأذابتها في 100 مل من الميثانول ، بعدها أخذ 1 غم من الدهن وأضيف إليها 8 مل من هيدروكسيد البوتاسيوم الميثانولي مع 5 مل من الهكسان وترج سريعاً لمدة 30 ثانية ثم يترك لكي يفصل إلى طبقتين , تؤخذ من الطبقة العليا (طبقة الهكسان) التي تحوي على الدهن المؤستر وتحقن في الجهاز .

التحليل الكروموتوغرافي للعينة :

تم تحليل مركبات الأحماض الدهنية بإستعمال جهاز كرموتوغرافياً الغاز (GC – 2010) موديل شيمادزو ياباني المنشأ حيث أستعمل كاشف اللهب المتأين (FID) وأستعمل عمود فصل شعري نوع (SE- 30) بأطوال (30 m * 0.25 mm) وفقاً لطريقة (Zhang *et al.*, 2015) وتبعاً للظروف الآتية :

جدول 6 : يوضح الظروف المتبعة لتحليل العينة النباتية في جهاز الكروموتوغرافيا الغاز GC

ت	إسم الفقرة	درجة الحرارة
1	درجة حرارة منطقة الحقن	280 C
2	درجة حرارة الكاشف	310 C
3	درجة حرارة عمود الفصل	120 – 290 (10 C / MIN)
4	معدل جريان الغاز	100 Kpa

4-6-2-5-3 : تقدير النسبة المئوية للمركبات الفعالة في الأوراق (%)

المستخلص النباتي :

تم حسب طريقة (Maji *et al.*, 2014) وذلك بأخذ 250 ملغم من المادة النباتية الجافة المطحونة وتستخلص بواسطة الإيثانول تركيز(70 %) بإستخدام الإستخلاص البارد على درجة (37 C°±2 C°) لمدة يومين ثم توضع في جهاز فوق صوتي لمدة 30 دقيقة ويضاف لها حامض الفسفوريك phosphoric acid لإستخلاص المادة الفعالة ويبخر المذيب حتى الجفاف في مبخر دوّار منتجاً 2.36 % (وزن/وزن) كمستخلص خام ثم يوزن بدقة 10 ملغم مذيب ، يذاب المستخلص الجاف في 5 مل ميثانول لتحضير تركيز 2 ملغم / مل . يرشح المحلول من خلال غشاء أبعاد فتحاته 0.45 مايكروميتر ليصبح جاهزاً للحقن .

ظروف الـ High Performance Liquid Chromatographic (HPLC)

الطور المتحرك = acetonitrile : ماء مقطر : حامض الخليك (60 : 25 : 5) .

العمود = C18-ODS (أبعاده 250 ملم * 4.6 ملم) .

الكاشف = UV- 280 nm .

معدل التدفق = 1 مل / دقيقة .

وأجري تقدير الأحماض الدهنية بواسطة جهاز الـ Gas Chromatography (GC) وتقدير الفيتامينات والمركبات الفعالة في أوراق النبات بواسطة جهاز الـ HPLC في مختبرات دائرة البيئة والمياه التابعة لوزارة العلوم والتكنولوجيا .

3-5-2-7 : الدراسة التشريحية

3-5-2-7-1: طريقة تشريح الأوراق

حضرت البشرة من الأوراق الطرية للنباتات إذ أستعملت الأوراق في تحضير البشرة والتي جمعت من نباتات المورنجا أوليفيرا في التجربة وأستعملت مباشرة في التحضير ، فقد أتبعت طريقة (Ahmad *et al.*, 2010) إذ تم قطع الورقة (الجزء الوسطي) طوليا إلى نصفين من منطقة العرق الرئيسي ومن ثم نظف أحد النصفين من الأنسجة التي توجد تحت البشرة بعد قلب البشرة لتصبح للأسفل وأنسجة البارنكيما واللب للأعلى ويتم القشط والإزالة لتلك الانسجة .

تحضير البشرة السفلى :

1- يوضع الجزء المراد تحضيره على شريحة زجاجية بحيث تصبح البشرة العليا (Adaxial Epidermis) للأعلى والبشرة السفلى (Abaxial Epidermis) للأسفل وتمت إزالة البشرة العليا وطبقة النسيج المتوسط (الميزوفيل) بواسطة شفرة حادة بطريقة القشط (Scrape) وتم ذلك برفق وحذر لأن بشرة الورقة في الجنس المدروس رقيقة وسهلة التمزق وخاصة البشرة العليا وأثناء عملية القشط أضيفت بعض قطرات الماء الحار بين الحين والآخر للحفاظ على الورقة طرية .

2- نقل الجزء المحضر بواسطة ملقط دقيق Forceps إلى الماء الحار لغرض تنظيفها من بقايا النسيج المتوسط .

3- بعد ذلك قلبت ووضعت على شريحة زجاجية لغرض تصبيغها بصبغة السفرانين بتركيز(1%) مذابة في كحول أثيلي 70 % مع الغسل بالكحول (70 %) .

4- ثم نقلها إلى شريحة زجاجية Slide نظيفة ووضع قطرة كلسرين (Glycerin) ثم غطيت بغطاء الشريحة الزجاجية Cover slide حيث أصبحت جاهزة للفحص .

تحضير البشرة العليا :

تم وضع نصل الورقة بوضع عكسي للحالة الأولى وأجريت الخطوات السابقة الذكر نفسها ، بعد ذلك حفظت الشرائح الزجاجية في حافظة سلايدات ووضعت في الثلاجة بدرجة حرارة 4 مْ لحين الدراسة .

أما الصفات التي تمت دراستها والتطرق إليها في البشرة السفلى Abaxial Epidermis لأوراق المورنجا أوليفيرا هي :

1 - عدد الثغور في الحقل المجهري .

2 - قطر الثغور .

3 - دليل الثغور(%) = $\frac{\text{عدد الثغور}}{\text{عدد الثغور + عدد خلايا البشرة الأعتيادية}} \times 100$ (Royer, 2001)

4 - عدد الشعيرات في الحقل المجهري .

5 - طول الشعيرات .

6 - طول خلايا البشرة .

7 - عرض خلايا البشرة .

8 - عدد خلايا البشرة في الحقل المجهري .

والصفات للبشرة العليا Adaxial Epidermis لأوراق المورنجا أوليفيرا هي :

1 - عدد الشعيرات في الحقل المجهري .

2 - طول الشعيرات .

3 - طول خلايا البشرة .

4 - عرض خلايا البشرة .

5 - عدد خلايا البشرة في الحقل المجهري .

3-5-2-7-2: تحضير المقاطع المستعرضة للسيقان النباتية

حضرت المقاطع المستعرضة لسيقان النباتات يدوياً بإستعمال شفرة حادة للعينات الطرية التي جمعت من النباتات المزروعة في الأصص البلاستيكية حيث تم إستعمال العينات الطرية مباشرةً وأخذت مقاطع السيقان الطرية للنباتات بعد العقدة (19) ووضعت المقاطع الرقيقة منها على شريحة زجاجية لغرض تصبيغها بالسفرانين التي كانت كافية لتوضيح أنسجة المقاطع المستعرضة للسيقان ثم غسلها من الصبغة الزائدة بالكحول الأثيلي بتركيز (70%) ثم نقلها لشريحة زجاجية نظيفة ويوضع عليها قطرة كليسرين ثم غطاء الشريحة الزجاجية بعد ذلك حفظت الشرائح في حافظة سلايدات ووضعت في الثلاجة بدرجة 4 مْ لحين الدراسة .

أما الصفات التي تمت دراستها والتطرق إليها للمقاطع المستعرضة لسيقان نبات المورنجا أوليفيرا :

1 – سمك البشرة في الحقل المجهري .
2 – سمك تحت البشرة .
3 - سمك النسيج الكلورنكيمي .
4 - سمك النسيج الكولنكيمي .
5 - سمك النسيج السكلرنكيمي .
6 - سمك نسيج اللحاء .
7 – سمك نسيج الكامبيوم .
8 - سمك نسيج الخشب .
9- قطر الوعاء الخشبي .
10- قطر اللب .
11- طول الشعيرات في الحقل المجهري .

وقد أستعمل المجهر المركب Compound Microscope من نوع Altay و Motic لدراسة وقياس أجزاء وأنسجة وخلايا البشرة وقد تمت دراسة أكثر من (40) حقل مجهري (مساحة الحقل الواحد تحت قوة 40 = 158.96 مايكروميتر) وللمقاطع المستعرضة تحت قوى (10x) وقد تم القياس لبشرات أوراق النبات بمساعدة مسطرة عينية Ocular وصورت العينات مباشرةً من المجهر بواسطة كاميرة موبايل سامسونك نوع A7 .

6-3 : التحليل الإحصائي Statistical analysis :

أستعمل التصميم العشوائي الكامل Completely Randomized Design (CRD) كتجربة عاملية بثلاثة عوامل وبثلاثة مكررات وحللت البيانات إحصائيا بإستعمال الحاسوب في برنامج الأكسل وأعتمدت قيم (L.S.D) للمقارنة بين متوسطات المعاملات على مستوى إحتمالية (0.05) في جميع التجارب (Steel *et al.*, 1997) .

الفصل الرابع

النتائج

Results

4 – النتائج Results

4 -1 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في صفات النمو الخضري لنبات المورينجا *M. oleifera*

4-1-1 : أرتفاع النبات (سم) Plant Height

يشير الجدول (7) إلى تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في متوسط أرتفاع نبات المورينجا إذ لم يكن لطريقة الإضافة تأثير معنوي في هذه الصفة ، بينما أثرت العوامل المفردة الأخرى والتداخلات بينها معنوياً في هذه الصفة حيث أدت زيادة تراكيز الحديد المعدني إلى زيادة قيمة هذه الصفة معنوياً إذ أعطت معاملة السيطرة أقل أرتفاع للنبات بلغ 163.11 سم بينما بلغت 179.94 سم و 194.56 سم لكل من المعاملتين 180 و 360 ملغم . لتر$^{-1}$ حديد معدني وبلغت نسبتا الزيادة 10.3 % و 19.3 % ، على التوالي . أثر الحديد النانوي معنوياً أيضاً في هذه الصفة إذ أعطت معاملة السيطرة أقل قيمة بلغت 168.28 سم في حين أعطت معاملة 360 ملغم . لتر$^{-1}$ أعلى قيمة بلغت 185.17 سم ولم تختلف معنوياً عن سابقتها وكانت نسبة الزيادة 9.4 % و 10.0 % ، على التوالي .

أظهرت التداخلات الثنائية بين عوامل الدراسة تأثير معنوياً في متوسط هذه الصفة فأعطت معاملة التسميد الأرضي المعاملة بـ 360 ملغم . لتر$^{-1}$ حديد معدني أعلى أرتفاع بلغ 196.78 سم وأقل قيمة صاحبت معاملة التسميد الورقي وبدون حديد معدني هي 156.00 سم وبنسبة زيادة بلغت 26.1 % . أعطت معاملة التسميد الورقي بدون أضافة حديد نانوي (السيطرة) أقل قيمة بلغت 161.67 سم بينما أعلى قيمة فقد صاحبت التسميد الورقي بـ 180 ملغم . لتر$^{-1}$ حديد نانوي بلغت 190.22 سم وبنسبة زيادة 17.7 % . أثر التداخل بين الحديد المعدني والنانوي معنوياً في متوسط هذه الصفة ، فقد أعطت معاملة السيطرة (0 حديد معدني+0 حديد نانوي) أقل قيمة بلغت 149.67 سم بينما أعلى قيمة كانت 208.50 سم فقد صاحبت معاملة 360 ملغم . لتر$^{-1}$ من كل من الحديد المعدني والحديد النانوي إذ بلغت نسبة الزيادة 39.3 % .

أثر التداخل الثلاثي معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت معاملة التسميد الورقي بدون أضافة أي حديد أقل قيمة بلغت 137.67 سم بينما أعلى قيمة 212.00 سم فقد تم الحصول عليها من النباتات المسمدة ورقياً بـ 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من كلا النوعين من الحديد وبنسبة زيادة مقدارها 54.0 % .

جدول 7 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في متوسط الأرتفاع (سم) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	137.67	163.00	167.33	156.00
	180	172.33	212.00	175.67	186.67
	360	175.00	195.67	206.33	192.33
التسميد الارضي	0	161.67	174.33	174.67	170.22
	180	179.67	163.67	176.33	173.22
	360	183.33	196.33	210.67	196.78
L.S.D 0.05	20.15				11.64
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		168.28	184.17	185.17	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05	8.23				
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	161.67	190.22	183.11	178.33
	التسميد الارضي	174.89	178.11	187.22	180.07
L.S.D 0.05	11.64				N.S
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	149.67	168.67	171.00	163.11
	180	176.00	187.83	176.00	179.94
	360	179.17	196.00	208.50	194.56
L.S.D 0.05	14.25				8.23

2-1-4 : قطر الساق (سم) Stem Diameter

تشير النتائج المبينة في الجدول (8) إلى وجود تأثير معنوي للتسميد الورقي عنه في التسميد الأرضي في صفة قطر ساق النبات ويلاحظ زيادة معنوية في هذه الصفة إذ بلغت قيمتها 1.87 سم وبنسبة زيادة 2.7 % والتي أختلفت معنوياً عن التسميد الأرضي إذ بلغ فيها قطر الساق 1.82 سم ، وبينت النتائج الموضحة في الجدول زيادة قطر ساق النبات مع زيادة تراكيز الحديد المعدني إذ بلغ (1.85 و 1.91) سم عند كل من المعاملتين 180 و 360 ملغم . لتر$^{-1}$ ، على التوالي قياساً بمعاملة السيطرة (بدون حديد) والتي بلغت 1.77 سم بنسبة زيادة مقدارها 4.5 % و 7.9 % على التوالي نفسه . أزداد قطر ساق النبات بزيادة تراكيز الحديد النانوي إذ أعطت معاملة السيطرة 1.70 سم بينما المعاملتين 180 و 360 ملغم . لتر$^{-1}$ أعطت 1.79 و 2.04 سم على التوالي وبنسبة زيادة بلغت 5.3 % و 20 % مقارنة بمعاملة السيطرة ، على التوالي نفسه .

جدول 8 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في متوسط قطر الساق (سم) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	1.67	1.62	2.18	1.82
	180	1.72	1.89	1.87	1.83
	360	1.82	1.93	2.14	1.97
التسميد الارضي	0	1.56	1.73	1.88	1.72
	180	1.76	1.81	2.04	1.87
	360	1.68	1.78	2.10	1.85
L.S.D 0.05		0.16			0.09
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		1.70	1.79	2.04	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.07			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	1.74	1.81	2.07	1.87
	التسميد الارضي	1.66	1.77	2.01	1.82
L.S.D 0.05		N.S			0.05
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	1.61	1.67	2.03	1.77
	180	1.74	1.85	1.96	1.85
	360	1.75	1.86	2.12	1.91
L.S.D 0.05		0.12			0.07

كان للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني تأثيراً معنوياً في هذه الصفة إذ أعطت معاملة التسميد الورقي بـ 360 ملغم . لتر$^{-1}$ حديد معدني أعلى قيمة بلغت 1.97 سم بينما أقل قيمة صاحبت معاملة التسميد الأرضي لمعاملة السيطرة التي بلغت 1.72 سم وبنسبة زيادة بلغت 14.5 % . ولم يكن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي تأثيراً معنوياً في هذه الصفة . أثر التداخل بين الحديد المعدني والحديد النانوي معنوياً في متوسط هذه الصفة ، فقد أعطت معاملة السيطرة (0 حديد معدني + 0 حديد نانوي) أقل قيمة بلغت 1.61 سم بينما أعلى قيمة كانت 2.12 سم فقد مع المعاملة 360 ملغم . لتر$^{-1}$ لكل من الحديد المعدني والحديد النانوي إذ بلغت نسبة الزيادة 31.7 % قياساً الى معاملة السيطرة .

أثر التداخل الثلاثي معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت معاملة التسميد الأرضي بدون إضافة أي حديد أقل قيمة بلغت 1.56 سم بينما أعلى قيمة 2.18 سم فقد تم الحصول عليها من النباتات المسمدة ورقياً بـ (0حديد معدني+360 ملغم.لتر$^{-1}$ نانوي) وبنسبة زيادة قدرها 39.7 % .

3-1-4 : عدد الأفرع (فرع.نبات$^{-1}$) Branches Number per Plant

يشير الجدول (9) إلى تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في متوسط عدد فروع نبات المورينجا (فرع.نبات $^{-1}$) ، حيث يتبيّن من نتائج هذا الجدول زيادة عدد الفروع في معاملة التسميد الأرضي عنه في التسميد الورقي بنسبة 27.7 % ، كذلك أثر الحديد المعدني معنوياً في هذه الصفة وقد أعطت النباتات المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني أعلى قيمة بلغت 3.778 فرع.نبات$^{-1}$ ، بينما أعطت معاملة السيطرة أقل عدد فروع وبلغ 2.167 فرع . نبات$^{-1}$ أذ بلغت نسبة زيادة المعاملة الأخيرة 74.3 % مقارنة بمعاملة السيطرة . أزداد عدد الفروع بزيادة تراكيز الحديد النانوي إذ أعطت معاملة السيطرة 1.944 فرع.نبات$^{-1}$ بينما المعاملة 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أعطت أعلى قيمة بلغت 3.833 فرع . نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة 97.2 % والتي لم تختلف معنوياً عن سابقتها (معاملة 180 ملغم.لتر$^{-1}$) .

جدول 9 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في متوسط عدد الأفرع (فرع . نبات$^{-1}$) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	0.667	1.333	2.000	1.333
	180	1.333	3.333	5.000	3.222
	360	2.667	4.333	3.333	3.444
التسميد الارضي	0	1.667	2.667	4.667	3.000
	180	2.000	3.667	3.667	3.111
	360	3.333	4.667	4.333	4.111
L.S.D 0.05		1.234			0.713
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		1.944	3.333	3.833	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.504			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	1.556	3.000	3.444	2.667
	التسميد الارضي	2.333	3.667	4.222	3.407
L.S.D 0.05		N.S			0.411
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	1.167	2.000	3.333	2.167
	180	1.667	3.500	4.333	3.167
	360	3.000	4.500	3.833	3.778
L.S.D 0.05		0.873			0.504

أثرت التدخلات الثنائية معنوياً في هذه الصفة إذ أعطت معاملة التسميد الأرضي بـ 360 ملغم.لتر$^{-1}$حديد معدني أعلى قيمة بلغت 4.111 فرع.نبات$^{-1}$ بينما أقل قيمة صاحبت معاملة التسميد

الورقي لمعاملة السيطرة بلغت 1.333 فرع.نبات$^{-1}$. ولم يكن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي تأثيراً معنوياً في هذه الصفة .

أثر التداخل بين الحديد المعدني والحديد النانوي معنوياً في هذه الصفة إذ أعطت النباتات ذات معاملة السيطرة (بدون حديد معدني ونانوي) أقل عدد فروع بلغ 1.167 فرع.نبات$^{-1}$ بينما النباتات المعاملة بـ (360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني+180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي) أعطت أعلى قيمة وبلغت 4.500 فرع.نبات $^{-1}$ وبنسبة زيادة 285.6 % .

أما التداخل بين هذه العوامل الثلاثة فقد أثر معنوياً أيضاً فقد أعطت معاملة السيطرة بالتسميد الورقي (بدون حديد) أقل قيمة بلغت 0.667 فرع.نبات$^{-1}$ بينما أعلى قيمة صاحبت معاملة التسميد الورقي أيضاً مع (180ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني+ 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي) إذ بلغت 5.000 فرع.نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 649.6 % .

4-1-4: عدد الأوراق (ورقة.نبات$^{-1}$) Number of leaves

يشير الجدول (10) إلى تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في متوسط عدد أوراق نبات المورينجا (ورقة.نبات $^{-1}$) ، حيث يتبيّن من نتائج هذا الجدول زيادة عدد الأوراق في معاملة التسميد الورقي عنه في التسميد الأرضي بنسبة 14.8 % ، كذلك أثر الحديد المعدني معنوياً في هذه الصفة وقد أعطت النباتات المعاملة بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني أعلى قيمة بلغت 31.44 ورقة.نبات$^{-1}$ ولم تختلف معنوياً عن معاملة 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني ، بينما أعطت معاملة السيطرة أقل عدد أوراق وبلغ 25.94 ورقة.نبات$^{-1}$ أذ بلغت نسبة زيادة المعاملة الوسطية 21.2 % مقارنة بنباتات معاملة السيطرة . أزداد عدد الأوراق بزيادة تراكيز الحديد النانوي إذ أعطت معاملة السيطرة 26.06 ورقة.نبات$^{-1}$ بينما المعاملة 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أعطت 31.28 ورقة.نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة 20.0 % والتي لم تختلف معنوياً عن معاملة الـ 180 ملغم.لتر$^{-1}$ التي سجلت متوسط بلغ 30.50 ورقة.نبات$^{-1}$. أثرت التدخلات الثنائية معنوياً في هذه الصفة إذ أعطت معاملة التسميد الورقي بـ 360ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني أعلى قيمة بلغت 34.22 ورقة.نبات$^{-1}$ بينما أقل قيمة صاحبت معاملة التسميد الأرضي لمعاملة السيطرة (0 حديد معدني) بلغت 24.78 ورقة . نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة 38.1 % .

أثر التداخل بين طريقة الإضافة والحديد النانوي معنوياً أيضاً في هذه الصفة إذ أعطى التسميد الأرضي بدون إضافة حديد نانوي أقل قيمة بلغت 22.78 ورقة . نبات$^{-1}$ بينما التسميد الورقي بـ 360 ملغم . لتر$^{-1}$ حديد نانوي أعطى أعلى قيمة وصلت إلى 33.56 ورقة.نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة 47.3 % . كذلك التداخل بين الحديد المعدني والحديد النانوي فقد أثر معنوياً في هذه الصفة إذ

أعطت نباتات معاملة السيطرة (0 حديد معدني+0 حديد نانوي) أقل عدد أوراق بلغ 23.17 ورقة.نبات$^{-1}$ ، بينما النباتات المعاملة بـ 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من كل من الحديد المعدني والحديد النانوي أعطت أعلى متوسط من عدد الأوراق بلغ 35.83 ورقة.نبات $^{-1}$ وبنسبة زيادة 37.8 % .

أما التداخل بين هذه العوامل الثلاثة فقد أثر معنوياً أيضاً فقد أعطت معاملة السيطرة بالتسميد الأرضي (بدون حديد) أقل قيمة بلغت 21.67 ورقة.نبات$^{-1}$ بينما أعلى قيمة صاحبت معاملة التسميد الأرضي مع 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من كل من الحديد المعدني والنانوي إذ بلغت 37.00 ورقة.نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 70.7 % .

جدول 10 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في متوسط عدد الأوراق (ورقة.نبات$^{-1}$) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	24.67	25.67	31.00	27.11
	180	27.67	34.67	35.33	32.56
	360	35.67	32.67	34.33	34.22
التسميد الارضي	0	21.67	28.00	24.67	24.78
	180	24.33	37.00	29.67	30.33
	360	22.33	25.00	32.67	26.67
L.S.D 0.05		5.17			2.99
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		26.06	30.50	31.28	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		2.11			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	29.33	31.00	33.56	31.30
	التسميد الارضي	22.78	30.00	29.00	27.26
L.S.D 0.05		2.99			1.72
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	23.17	26.83	27.83	25.94
	180	26.00	35.83	32.50	31.44
	360	29.00	28.83	33.50	30.44
L.S.D 0.05		3.66			2.11

4-1-5: المساحة الورقية الكلية (م^2.نبات$^{-1}$)

يظهر من جدول (11) أن طريقة الإضافة قد أثرت معنوياً في متوسط المساحة الورقية الكلية للنبات إذ تفوق التسميد الأرضي على التسميد الورقي في إعطاء أعلى متوسط لمساحة الورقة الكلية للنبات إذ بلغ 0.701 م^2.نبات$^{-1}$ مقارنة بالتسميد الورقي الذي سجل أقل متوسط بلغ 0.592 م^2.نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 18.4 % . وكما يشير الجدول نفسه إلى وجود تأثير معنوي للحديد المعدني في هذه الصفة ، إذ أعطى الحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة والذي بلغ 0.697 م^2.نبات$^{-1}$ في حين أعطت نباتات معاملة السيطرة (بدون حديد معدني) أقل متوسط لهذه

الصفة إذ بلغ 0.592 م^{2}.نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 17.7 % . أثر الحديد النانوي معنوياً في هذه الصفة أيضاً إذ أعطت معاملة الحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والتي لم تختلف معنوياً عن سابقتها أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 0.727 م^{2}.نبات$^{-1}$ وبشكل متفوق على معاملة السيطرة التي سجلت أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 0.564 م^{2}.نبات$^{-1}$ ، أي بنسبة زيادة مقدارها 28.9 % .

جدول 11 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في المساحة الورقية الكلية (م^{2}.نبات$^{-1}$) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	0.655	0.433	0.561	0.549
	180	0.611	0.524	0.629	0.588
	360	0.621	0.631	0.664	0.639
التسميد الارضي	0	0.564	0.704	0.638	0.635
	180	0.460	0.750	0.926	0.712
	360	0.474	0.847	0.947	0.756
L.S.D 0.05	N.S	N.S			N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		0.564	0.648	0.727	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05	0.081				
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	0.629	0.529	0.618	0.592
	التسميد الارضي	0.499	0.767	0.837	0.701
L.S.D 0.05	0.115				0.066
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	0.609	0.568	0.600	0.592
	180	0.536	0.637	0.777	0.650
	360	0.547	0.739	0.806	0.697
L.S.D 0.05	0.141				0.081

في حين لم يكن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني أي تأثير معنوي في هذه الصفة. ويظهر التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي وجود اختلافات معنوية في متوسط هذه الصفة إذ أعطى التسميد الأرضي بـ 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي أعلى متوسط إذ بلغ 0.837 م^{2}.نبات$^{-1}$ مقارنة بمعاملة التسميد الأرضي أيضاً غير المعاملة بالحديد النانوي والذي أعطى أقل متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 0.499 م^{2}.نبات$^{-1}$. بينما تظهر نتائج الجدول نفسه وجود تأثير معنوي للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي في متوسط المساحة الورقية الكلية للنبات إذ نجد أن أعلى متوسط في هذه الصفة كان عند المعاملة (360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني+360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي) إذ بلغ 0.806 م^{2}.نبات$^{-1}$ في حين أقل متوسط للمساحة الكلية للورقة عند النباتات المعاملة (180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني+0 حديد نانوي) إذ بلغ 0.536 م^{2}.نبات$^{-1}$ وبنسبة

زيادة بلغت 50.4 % . بينما لم يكن للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة أي تأثير معنوي في هذه الصفة .

6-1-4 : الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم . نبات$^{-1}$) Shoots dry weight

يبين الجدول (12) وجود تأثير معنوي لطريقة الإضافة في متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري إذ أعطى التسميد الورقي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 119.75 غم.نبات$^{-1}$ مقارنة بالتسميد الأرضي الذي حقق أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 113.99 غم.نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة 5.1 %. أثر الحديد المعدني معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ سجلت معاملة الحديد المعدني بالتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 121.22 غم . نبات$^{-1}$ ولم تختلف معنوياً عن معاملة 180 ملغم.لتر$^{-1}$ وأقل متوسط لهذه الصفة كان عند تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني (السيطرة) والبالغ 108.25 غم.نبات$^{-1}$. وكما أعطى الحديد النانوي هو الآخر تأثيراً معنوياً أيضاً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت معاملة الحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 127.31 غم.نبات$^{-1}$ ، في حين أظهر تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 105.39 غم.نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 20.8 % .

جدول 12 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم . نبات$^{-1}$) لنبات المورينجا M. oleifera

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	96.88	95.40	127.29	106.52
	180	112.01	134.38	128.33	124.91
	360	118.53	135.24	129.68	127.82
التسميد الارضي	0	80.93	114.11	134.91	109.98
	180	111.72	112.97	127.39	117.36
	360	112.26	115.38	116.25	114.63
L.S.D 0.05	13.55				7.82
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		105.39	117.91	127.31	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05	5.53				
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	109.14	121.67	128.43	119.75
	التسميد الارضي	101.64	114.15	126.18	113.99
L.S.D 0.05	N.S				4.52
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	88.91	104.76	131.10	108.25
	180	111.87	123.68	127.86	121.13
	360	115.39	125.31	122.96	121.22
L.S.D 0.05	9.58				5.53

أثر التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطى التسميد الورقي بالمعاملة 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 127.82 غم.نبات$^{-1}$ بينما اقل متوسط لهذه الصفة صاحب التسميد الورقي من دون حديد معدني إذ بلغ 106.52 غم.نبات$^{-1}$. بينما لم يكن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي أي تأثير معنوي يذكر في متوسط هذه الصفة ، بينما تظهر نتائج الجدول نفسه وجود تأثير معنوي للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي في متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري إذ وجد أن أعلى متوسط في هذه الصفة كان عند المعاملة (0 حديد معدني+360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي) إذ بلغ 131.10 غم.نبات$^{-1}$ في حين أقل متوسط للوزن الجاف للمجموع الخضري عند النباتات المعاملة بـ (0 حديد معدني+0 حديد نانوي) إذ بلغ 88.91 غم.نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 47.5 % .

وكما تشير النتائج في الجدول ذاته إلى وجود تأثير معنوي نتيجة للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة إذ تميزت المعاملة (360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني+180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي) بالتسميد الورقي بتحقيقها أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 135.24 غم. نبات$^{-1}$ في حين أن التسميد الأرضي عند معاملة السيطرة (0 حديد معدني+0 حديد نانوي) حقق أدنى متوسط لهذه الصفة وصل إلى 80.93 غم. نبات$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة بلغت 67.1 % .

4-1-7 الوزن الجاف للمجموع الجذري (غم.نبات$^{-1}$) Roots dry weight

يتبين من النتائج المعروضة في الجدول (13) وجود تأثير معنوي لطريقة الإضافة في متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري إذ أعطى التسميد الأرضي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 24.47 غم.نبات$^{-1}$ مقارنة بالتسميد الورقي الذي حقق أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 20.85 غم.نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة 17.4 % . في حين أظهرت معاملة الحديد المعدني تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ تميزت النباتات المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني بتسجيلها أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 23.98 غم.نبات$^{-1}$ والتي لم تختلف معنوياً عن سابقتها قياساً بنباتات معاملة السيطرة والتي أعطت أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 20.28 غم.نبات$^{-1}$ ، وكانت نسبة الزيادة 18.2 % . وكما يشير الجدول ذاته إلى وجود تأثير معنوي للحديد النانوي في متوسط هذه الصفة إذ أعطت معاملة الحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 25.28 غم.نبات$^{-1}$ مقارنة بأدنى متوسط لهذه الصفة والذي بلغ 20.89 غم.نبات$^{-1}$ عند تركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي ، بنسبة زيادة بلغت 21.0 % .

في حين لم يكن للتداخلات الثنائية بين طريقة الإضافة والحديد المعدني وطريقة الإضافة والحديد النانوي أي تأثير معنوي في متوسط هذه الصفة ، بينما كان للتداخل الثنائي بين الحديد

المعدني و الحديد النانوي تأثيراً معنوياً في متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري ، فقد حققت المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 26.07 غم.نبات$^{-1}$ مقارنة بمعاملة السيطرة (0 حديد معدني+0 حديد نانوي) والتي أظهرت أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 17.50 غم.نبات$^{-1}$.

جدول 13 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في الوزن الجاف للمجموع الجذري (غم . نبات$^{-1}$) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	15.76	15.94	21.27	17.66
	180	18.45	23.81	26.63	22.96
	360	26.52	18.85	20.43	21.93
التسميد الارضي	0	19.23	19.59	29.86	22.89
	180	25.31	23.46	24.65	24.47
	360	25.62	23.67	28.82	26.04
L.S.D 0.05	6.09				N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		21.82	20.89	25.28	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05	2.49				
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	20.24	19.53	22.78	20.85
	التسميد الارضي	23.39	22.24	27.77	24.47
L.S.D 0.05	N.S				2.03
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	17.50	17.77	25.57	20.28
	180	21.88	23.64	25.64	23.72
	360	26.07	21.26	24.62	23.98
L.S.D 0.05	4.31				2.49

أما بالنسبة للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة فقد حقق هو الآخر تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة حيث أعطى التسميد الأرضي عند تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي أعلى متوسط للوزن الجاف للمجموع الجذري والبالغ 29.86 غم.نبات$^{-1}$ بينما أظهر التسميد الورقي عند معاملة السيطرة أدنى متوسط لهذه الصفة والبالغ 15.76 غم.نبات$^{-1}$ أي بنسبة زيادة بلغت 89.5 % .

8-1-4 : نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري \ الوزن الجاف للمجموع الخضري

تشير النتائج المبينة في الجدول (14) إلى وجود تأثير معنوي لطريقة الإضافة بالتسميد الأرضي عنه في التسميد الورقي في نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري إلى الوزن الجاف للمجموع الخضري فأعطى التسميد الأرضي أعلى قيمة بلغت 0.218 وبنسبة زيادة 24.6 % قياساً بأوطأ قيمة لهذه الصفة عند التسميد الورقي والتي بلغت 0.175 . وبينت النتائج الموضحة في الجدول نفسه إلى عدم وجود تأثير معنوي للحديد المعدني في هذه الصفة . وكما يشير الجدول ذاته إلى وجود تأثير معنوي للحديد النانوي في متوسط هذه الصفة إذ أعطت معاملة الحديد النانوي بالتركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 0.209 مقارنة بأدنى متوسط لهذه الصفة والذي بلغ 0.180 عند تركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي ، بنسبة إنخفاض بلغت 52.63 % .

جدول 14 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري \ الوزن الجاف للمجموع الخضري لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	0.164	0.171	0.169	0.168
	180	0.165	0.174	0.208	0.182
	360	0.225	0.139	0.159	0.174
التسميد الارضي	0	0.243	0.172	0.223	0.213
	180	0.228	0.220	0.194	0.214
	360	0.228	0.205	0.247	0.227
L.S.D 0.05		0.057			N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		0.209	0.180	0.200	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.023			
طريقة الإضافة× الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	0.185	0.161	0.179	0.175
	التسميد الارضي	0.233	0.199	0.221	0.218
L.S.D 0.05		N.S			0.019
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	0.204	0.171	0.196	0.190
	180	0.197	0.197	0.201	0.198
	360	0.227	0.172	0.203	0.201
L.S.D 0.05		N.S			N.S

في حين لم يكن للتداخلات الثنائية بين طريقة الإضافة والحديد المعدني وطريقة الإضافة والحديد النانوي والحديد المعدني والحديد النانوي أي تأثير معنوي في هذه الصفة .

وتظهر النتائج وجود تأثير معنوي للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة في هذه الصفة و حقق التسميد الأرضي عند المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من

الحديد النانوي أعلى قيمة لنسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري إلى الوزن الجاف للمجموع الخضري والبالغ مقدارها 0.247 في حين كانت أوطأ قيمة له تحققت للتسميد الورقي عند المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي مقدارها 0.139 وبنسبة زيادة بلغت 77.7 % .

4-1-9 : طول الجذر (سم) Root length

من الجدول (15) يتضح أن طريقة الإضافة قد أثرت معنوياً في متوسط طول الجذر إذ أعطى التسميد الأرضي أعلى متوسط في طول الجذر بلغ 40.56 سم مقارنة بالتسميد الورقي الذي سجَّل أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 35.74 سم . وتبين النتائج في الجدول ذاته أن الحديد المعدني حقق تأثيراً معنوياً في متوسط طول الجذر إذ أعطى التركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 42.28 سم ولم تختلف معنوياً عن معاملة الـ 180 ملغم.لتر$^{-1}$ ومقارنة بتركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني الذي سجل أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 34.00 سم وبنسبة زيادة مقدارها 24.4 % . وكما أشار الجدول نفسه إلى وجود تأثير معنوي للحديد النانوي في متوسط هذه الصفة إذ أعطى التركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 42.06 سم بينما أظهرت النباتات غير المعاملة بالحديد النانوي أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 35.33 سم وبنسبة زيادة بلغت 19.0 % .

في حين لم يكن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني أي تأثير معنوي في هذه الصفة ، أما بالنسبة للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي فقد سجل هو الآخر تأثيراً معنوياً في متوسط طول الجذر إذ وجد أن أعلى متوسط لهذه الصفة حصل من التسميد الورقي والمعامل بالحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغ 42.78 سم مقارنة بالتسميد الورقي غير المعامل بالحديد النانوي (مقارنة) والذي حقق أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 31.78 سم . أظهر التداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي تأثيراً معنوياً أيضاً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت المعاملة بتركيز (360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني+360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي) أعلى متوسط لهذه الصفة وصل إلى 49.00 سم مقارنة بالنباتات المعاملة بـ (180ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني+0 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي) التي أعطت أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 32.17 سم وبنسبة زيادة قدرها 52.3 % . بينما لم يكن للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة أي تأثيراً معنوياً في هذه الصفة .

جدول 15 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في متوسط طول الجذر (سم) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	29.33	34.67	33.33	32.44
	180	28.67	33.67	45.33	35.89
	360	37.33	29.67	49.67	38.89
التسميد الارضي	0	37.67	35.33	33.67	35.56
	180	35.67	43.67	42.00	40.44
	360	43.33	45.33	48.33	45.67
L.S.D 0.05	N.S				N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		35.33	37.06	42.06	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05	4.16				
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	31.78	32.67	42.78	35.74
	التسميد الارضي	38.89	41.44	41.33	40.56
L.S.D 0.05	5.89				3.40
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	33.50	35.00	33.50	34.00
	180	32.17	38.67	43.67	38.17
	360	40.33	37.50	49.00	42.28
L.S.D 0.05	7.21				4.16

4-1-10 : حجم الجذر (سم^3) Root size

يلاحظ من الجدول (16) أن طريقة الإضافة أدت إلى حدوث تأثير معنوي في متوسط حجم الجذر إذ ظهر أعلى متوسط لهذه الصفة عند التسميد الورقي والبالغ 93.07 سم^3 بينما وجد أقل متوسط لهذه الصفة عند التسميد الأرضي والبالغ 85.74 سم^3 وبنسبة زيادة بلغت 8.5 % . ومن بيانات الجدول ذاته يتضح التأثير المعنوي للحديد المعدني في متوسط هذه الصفة إذ سجلت النباتات المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 99.72 سم^3 بينما أدنى متوسط لهذه الصفة تميزت به النباتات غير المعاملة بالحديد المعدني والبالغ 77.22 سم^3 وبنسبة زيادة مقدارها 29.1 % . أثر الحديد النانوي معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أن أعلى متوسط لهذه الصفة مثلته معاملة الحديد النانوي بتركيز 360 ملغم . لتر$^{-1}$ والبالغ 98.06 سم^3 قياساً بأدنى متوسط لهذه الصفة والذي مثلته النباتات المعاملة بـ 180ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي والبالغ 84.44 سم^3.

ويتضح من الجدول نفسه التأثير المعنوي للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني إذ تميز التسميد الأرضي والمعامل بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني بإعطائه أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 101.67 سم^3 في حين أدنى متوسط لهذه الصفة فقد ظهر مع التسميد الأرضي أيضاً

والذي لم يعامل بالحديد المعدني والبالغ 70.56 سم^3 وبنسبة زيادة مقدارها 44.1 % . في حين سجَّل التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي أثراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطى التسميد الورقي والمرشوش بـ 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 98.33 سم^3 بينما أقل متوسط لهذه الصفة فقد ظهر مع التسميد الأرضي غير المعامل بالحديد النانوي والبالغ 76.11 سم^3 ، وبنسبة زيادة مقدارها 29.2 % . لم يحقق التداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي أي تأثير معنوي في متوسط هذه الصفة . وكذلك تشير النتائج المعروضة في الجدول نفسه إلى عدم وجود تأثير معنوي للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة في متوسط هذه الصفة .

جدول 16 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في متوسط حجم الجذر (سم^3) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	91.67	76.67	83.33	83.89
	180	101.00	88.33	103.33	97.56
	360	93.33	91.67	108.33	97.78
التسميد الارضي	0	65.00	66.67	80.00	70.56
	180	73.33	86.67	95.00	85.00
	360	90.00	96.67	118.33	101.67
L.S.D 0.05	N.S				10.83
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		85.72	84.44	98.06	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05	7.66				
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	95.33	85.56	98.33	93.07
	التسميد الارضي	76.11	83.33	97.78	85.74
L.S.D 0.05	10.83				6.25
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	78.33	71.67	81.67	77.22
	180	87.17	87.50	99.17	91.28
	360	91.67	94.17	113.33	99.72
L.S.D 0.05	N.S				7.66

4-1- 11 : قطر الجذر (سم) Root diameter

يتضح من الجدول (17) أن طريقة الإضافة أثرت معنوياً في متوسط قطر الجذر إذ تفوق التسميد الورقي على التسميد الأرضي بإعطائه أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 5.93 سم بينما سجل التسميد الأرضي أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 5.09 سم . ويشير الجدول ذاته إلى وجود تأثير معنوي للحديد المعدني في متوسط هذه الصفة إذ تفوقت المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد

المعدني والتي لم تختلف معنوياً عن معاملة 180 ملغم.لتر$^{-1}$ على المعاملة بتركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني بإعطائها أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 5.67 سم قياساً بأدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 5.24 سم عند تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني . لم يظهر الحديد النانوي أي تأثير معنوي يذكر في متوسط هذه الصفة .

جدول 17 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في متوسط قطر الجذر (سم) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	6.27	5.27	5.59	5.71
	180	6.66	6.02	5.35	6.01
	360	5.60	6.45	6.14	6.06
التسميد الارضي	0	4.67	4.12	5.52	4.77
	180	5.12	5.01	5.53	5.22
	360	5.11	5.16	5.57	5.28
L.S.D 0.05		N.S			N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		5.57	5.34	5.62	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		N.S			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	6.18	5.91	5.69	5.93
	التسميد الارضي	4.97	4.76	5.54	5.09
L.S.D 0.05		0.51			0.29
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	5.47	4.70	5.55	5.24
	180	5.89	5.51	5.44	5.61
	360	5.36	5.81	5.86	5.67
L.S.D 0.05		0.62			0.36

وكذلك لم يحقق التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني أي تأثير معنوي يذكر في متوسط هذه الصفة ، بينما كان للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي أثراً معنوياً يذكر في متوسط هذه الصفة إذ سجل التسميد الورقي بالمعاملة 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 6.18 سم وبالمقابل نجد أن أدنى متوسط لهذه الصفة تميز به التسميد الأرضي والمعامل بتركيز بـ 180ملغم . لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي والبالغ 4.76 سم وبنسبة زيادة بلغت 29.8 % . وكذلك حقق التداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت معاملة الحديد المعدني بتركيز180 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 5.89 سم في حين سجلت معاملة الحديد المعدني بتركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ أدنى متوسط لهذه الصفة والبالغ 4.70 سم وقد بلغت نسبة الزيادة بمقدار 25.3 % .

أما بالنسبة للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة فلم يكن له تأثير معنوي يذكر في متوسط هذه الصفة .

12-1-4 : معدل النمو المطلق (غم . يوم$^{-1}$) Absolute Growth Rate

يشير الجدول (18) إلى تأثيرطريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في معدل النمو المطلق لنبات المورينجا حيث لم يكن لطريقة الإضافة تأثير معنوي في هذه الصفة ، في حين أظهرت معاملة الحديد المعدني تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ تميزت النباتات المعاملة بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني بتسجيلها أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 4.675 غم.يوم$^{-1}$ والتي لم تختلف معنوياً عن المعاملة بالحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ قياساً بنباتات معاملة السيطرة والتي أعطت أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 3.895 غم . يوم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة بلغت 20.0 % .

وكما يوضح الجدول أعلاه وجود تأثير معنوي للحديد النانوي في متوسط معدل النمو المطلق للنبات إذ أعطت معاملة الحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 4.729 غم.يوم$^{-1}$ مقارنة بأدنى متوسط لهذه الصفة والذي بلغ 4.113 غم.يوم$^{-1}$ عند تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي ، بنسبة زيادة قدرها 14.9 % .

جدول 18 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في معدل النمو المطلق (غم . يوم$^{-1}$) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	3.530	3.487	4.634	3.884
	180	4.377	5.049	4.679	4.702
	360	4.611	4.912	4.738	4.754
التسميد الارضي	0	3.414	3.643	4.660	3.906
	180	4.377	4.617	4.949	4.648
	360	4.372	4.491	4.713	4.525
L.S.D 0.05	N.S				N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		4.113	4.367	4.729	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05	0.282				
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	4.173	4.483	4.684	4.446
	التسميد الارضي	4.054	4.250	4.774	4.360
L.S.D 0.05	N.S				N.S
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	3.472	3.565	4.647	3.895
	180	4.377	4.833	4.814	4.675
	360	4.491	4.702	4.725	4.639
L.S.D 0.05	0.489				0.282

في حين لم يكن للتداخلات الثنائية بين طريقة الإضافة والحديد المعدني وطريقة الإضافة والحديد النانوي أي تأثير معنوي في هذه الصفة ، في حين تظهر نتائج الجدول نفسه وجود تأثير معنوي للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي في متوسط معدل النمو المطلق للنبات إذ وجد أن أعلى متوسط في هذه الصفة كان عند المعاملة (180حديد معدني+180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي) إذ بلغ 4.833 غم.يوم$^{-1}$ في حين أقل متوسط لمعدل النمو المطلق عند النباتات المعاملة بـ (0 حديد معدني+0 حديد نانوي) إذ بلغ 3.472 غم.يوم$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 39.2 % . في حين لم يكن للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة أي تأثير معنوي في متوسط هذه الصفة .

13-1-4 : معدل النمو النسبي (غم.غم$^{-1}$.يوم$^{-1}$) Relative Growth Rate

يشير الجدول (19) إلى تأثيرطريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في معدل النمو النسبي للنبات حيث لم يكن لطريقة الإضافة تأثير معنوي في هذه الصفة ، بينما أثرت العوامل المفردة الأخرى معنوياً في هذه الصفة حيث أظهرت معاملة الحديد المعدني تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ تميزت النباتات المعاملة بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني بتسجيلها أعلى متوسط لها بلغ 0.1027 غم.غم$^{-1}$.يوم$^{-1}$ والتي لم تختلف معنوياً عن المعاملة بالحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ قياساً بنباتات معاملة السيطرة والتي أعطت أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 0.0973 غم.غم$^{-1}$.يوم$^{-1}$ وبنسبة الزيادة هي 5.5 % ، وكما يبين الجدول أعلاه إلى وجود تأثير معنوي للحديد النانوي في متوسط معدل النمو النسبي للنبات إذ أعطت معاملة الحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 0.1026غم.غم$^{-1}$.يوم$^{-1}$ التي لم تختلف معنوياً عن معاملة الـ 180 ملغم.لتر$^{-1}$ ومقارنة بأدنى متوسط لهذه الصفة والذي بلغ 0.0979 غم.غم$^{-1}$.يوم$^{-1}$ عند تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي ، بنسبة زيادة قدرها 4.8 % .

في حين لم يكن للتداخلات الثنائية بين طريقة الإضافة والحديد المعدني وطريقة الإضافة والحديد النانوي أي تأثير معنوي في هذه الصفة ، بينما تبين نتائج الجدول ذاته وجود تأثير معنوي للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي في متوسط معدل النمو النسبي للنبات إذ نجد أن أعلى متوسط في هذه الصفة كان عند المعاملة بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي إذ بلغ 0.1038 غم.غم$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في حين أقل متوسط لمعدل النمو النسبي عند نباتات معاملة السيطرة (بدون حديد معدني ونانوي) إذ بلغ 0.0917 غم .غم$^{-1}$. يوم$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 13.2 % . بينما لم يكن للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة أي تأثير معنوي في متوسط هذه الصفة .

جدول 19 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في معدل النمو النسبي (غم . غم$^{-1}$. يوم$^{-1}$) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	0.0939	0.0964	0.1023	0.0975
	180	0.1006	0.1052	0.1028	0.1029
	360	0.1024	0.1044	0.1032	0.1033
التسميد الارضي	0	0.0895	0.0991	0.1026	0.0971
	180	0.1006	0.1024	0.1045	0.1025
	360	0.1006	0.1015	0.1004	0.1008
L.S.D 0.05	N.S				N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		0.0979	0.1015	0.1026	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05	0.0019				
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	0.0990	0.1020	0.1028	0.1012
	التسميد الارضي	0.0969	0.1010	0.1025	0.1001
L.S.D 0.05	N.S				N.S
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	0.0917	0.0978	0.1025	0.0973
	180	0.1006	0.1038	0.1036	0.1027
	360	0.1015	0.1029	0.1018	0.1021
L.S.D 0.05	0.0033				0.0019

4-2 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في بعض الصفات الكيموحيوية لنبات المورينجا

4-2-1 : تركيز العناصر الغذائية في الأوراق

4-2-1-1: النسبة المئوية للنتروجين في الأوراق Nitrogen Percentage in Leaves

يظهر من الجدول (20) أن طريقة الإضافة أثرت معنوياً في متوسط تركيز النتروجين في الأوراق إذا أعطى التسميد الأرضي أعلى متوسط بلغ 2.176 % مقارنة بالتسميد الورقي الذي أعطى أقل متوسط بلغ 2.120 % . ويتبيّن من النتائج في الجدول نفسه أن للحديد المعدني أثر معنوي في هذه الصفة إذ أعطت معاملة الحديد المعدني بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط بلغ 2.176 % مقارنة بمعاملة السيطرة إذ بلغت 2.142 % ومعاملة 360 ملغم . لتر$^{-1}$ التي أعطت أقل متوسط بلغ 2.124 % . وتشير النتائج في الجدول نفسه إلى وجود تأثير معنوي للحديد النانوي في متوسط تركيز النتروجين في الأوراق إذ تفوقت معاملة الحديد النانوي بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ والتي أعطت 2.197 % مقارنة بنباتات معاملة السيطرة التي سجلت متوسط 2.143 % ومعاملة الـ 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والتي أعطت أقل متوسط بلغ 2.103 % .

ويظهر في الجدول نفسه أن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني دور معنوي واضح في متوسط هذه الصفة إذ وجد أن التسميد الأرضي المعامل بـ 180ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني قد أعطى أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 2.241 % قياساً بالتسميد الورقي المعامل 360ملغم.لتر$^{-1}$ بالحديد المعدني الذي أظهر انخفاضاً معنوياً واضحاً في هذه الصفة بلغ 2.089 %.

بينما كان للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي أثراً معنوياً في متوسط هذه الصفة فقد لوحظ أن أعلى متوسط لهذه الصفة كان عند التسميد الأرضي والمعامل بالحديد النانوي بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 2.276 % في حين أعطى التسميد الأرضي أيضاً المعامل بـ 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أقل متوسط إذ بلغ 2.042 % . كان للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي تأثيراً معنوياً في هذه الصفة إذ أعطت معاملة الحديد المعدني بتركيز 180ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 2.322 % في حين أقل متوسط لهذه الصفة تم الحصول عليه من معاملة الحديد المعدني بتركيز 180ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والتي أعطت متوسطاً بلغ 2.035 % وبنسبة زيادة مقدارها 14.1 % .

جدول 20 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية للنتروجين % في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	1.997	2.163	2.317	2.159
	180	2.133	2.140	2.060	2.111
	360	2.103	2.050	2.113	2.089
التسميد الارضي	0	2.113	2.147	2.117	2.126
	180	2.210	2.503	2.010	2.241
	360	2.303	2.177	2.000	2.160
L.S.D 0.05	0.083				0.048
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		2.143	2.197	2.103	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05	0.034				
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	2.078	2.118	2.163	2.120
	التسميد الارضي	2.209	2.276	2.042	2.176
L.S.D 0.05	0.048				0.028
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	2.055	2.155	2.217	2.142
	180	2.172	2.322	2.035	2.176
	360	2.203	2.113	2.057	2.124
L.S.D 0.05	0.059				0.034

أثر التداخل بين عوامل الدراسة الثلاثة معنوياً في هذه الصفة إذ أعطى التسميد الأرضي المعامل بـ 180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني و 180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أعلى متوسط في هذه الصفة بلغ 2.503 % ، بينما أقل متوسط فقد ظهر مع التسميد الورقي عند معاملة السيطرة (0حديد معدني+0 حديد نانوي) إذ بلغ 1.997 % وبنسبة زيادة كانت 25.34 % .

4-2-1-2: النسبة المئوية للفسفور في الأوراق Phosphore Percentage in Leaves

يتبين من جدول (21) أن طريقة التسميد الأرضي قد تفوقت معنوياً على طريقة التسميد الورقي في إعطاء أعلى متوسط في تركيز الفسفور (%) في الأوراق الذي بلغ 0.311 % قياساً بالتسميد الورقي الذي أعطى أقل متوسط بلغ 0.274 % . وكما أتضح أن للحديد المعدني تأثير معنوي في زيادة تركيز الفسفور في الأوراق وقد لوحظ أن إضافة الحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعطى أعلى متوسط في هذه الصفة إذ بلغ 0.299 % والتي لم تختلف معنوياً عن سابقتها مقارنة بمعاملة السيطرة التي أعطت أقل متوسط بلغ 0.281 % وبنسبة زيادة مقدارها 6.4 % . أثر الحديد النانوي معنوياً في هذه الصفة أيضاً إذ أعطت معاملة الحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغت 0.303 % ولم تختلف معنوياً عن معاملة الـ 180 ملغم.لتر$^{-1}$ مقارنة بمعاملة السيطرة التي أعطت أقل متوسط بلغ 0.274 % .

في حين لم يكن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني أي تأثير معنوي في هذه الصفة . بينما كان للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي أثراً معنوياً في متوسط هذه الصفة فقد لوحظ أن أعلى متوسط لهذه الصفة كان عند التسميد الأرضي والمعامل بالحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 0.331 % في حين أعطى التسميد الورقي من دون المعاملة بالحديد النانوي أقل متوسط إذ بلغ 0.252 % ، وبنسبة زيادة بلغت 30.9 % . كذلك التداخل بين الحديد المعدني والحديد النانوي فقد أثر معنوياً في هذه الصفة إذ أعطت النباتات ذات المعاملة 180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني والمعاملة 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 0.323 % بينما نباتات معاملة السيطرة (بدون حديد معدني ونانوي) أعطت أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 0.255 % وبنسبة زيادة 26.7 % .

وكذلك أظهر التداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة تأثيراً معنوياً واضحاً إذ أعطى التسميد الأرضي بالحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة وصل 0.353 % في حين اقل متوسط صاحب التسميد الورقي عند المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي والذي بلغ 0.229 % .

جدول 21 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية للفسفور % في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	0.252	0.309	0.229	0.263
	180	0.249	0.279	0.308	0.279
	360	0.254	0.298	0.286	0.280
التسميد الارضي	0	0.258	0.334	0.303	0.298
	180	0.305	0.311	0.337	0.318
	360	0.324	0.276	0.353	0.318
L.S.D 0.05		0.030			N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		0.274	0.301	0.303	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.012			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	0.252	0.295	0.275	0.274
	التسميد الارضي	0.296	0.307	0.331	0.311
L.S.D 0.05		0.018			0.010
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	0.255	0.322	0.266	0.281
	180	0.277	0.295	0.323	0.298
	360	0.289	0.287	0.320	0.299
L.S.D 0.05		0.022			0.012

4-2-1-3: النسبة المئوية للبوتاسيوم في الأوراق Potasium Percentage in Leaves

يتضح من الجدول (22) أن طريقة الإضافة قد سجلت تأثيراً معنوياً واضحاً في متوسط النسبة المئوية للبوتاسيوم في الأوراق إذ تفوّقت نباتات التسميد الورقي معنوياً على نباتات التسميد الأرضي وقد أعطى أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 1.671 % قياساً بالتسميد الأرضي الذي أعطى أقل متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 1.603 % . وجد أن للحديد المعدني تأثير معنوي واضح في زيادة النسبة المئوية للبوتاسيوم في الأوراق إذ حققت معاملة الحديد المعنوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط في النسبة المئوية للبوتاسيوم في الأوراق إذ بلغت 1.689 % بينما وجد أن معاملة السيطرة قد أعطيت أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 1.596 % . كذلك كان للمعاملة بالحديد النانوي أثراً معنوياً في هذه الصفة إذ لوحظ أن معاملة الحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ قد سجلت أعلى متوسط في تركيز هذا العنصر في الأوراق إذ بلغت 1.670 % قياساً بالنباتات المعاملة بالحديد النانوي 180ملغم.لتر$^{-1}$ التي أعطت أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 1.602 % وبنسبة زيادة مقدارها 4.2 % .

أعطى التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ سجل التسميد الورقي للمعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني أعلى متوسط

لهذه الصفة والبالغ 1.749 % في حين نجد إن أوطأ متوسط لهذه الصفة قد تميز به التسميد الأرضي للمعاملة 180 ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغ 1.564 % . وكذلك يلاحظ من الجدول نفسه وجود تداخل معنوي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي إذ أعطى التسميد الورقي والمعامل بالحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لتركيز هذا العنصر في الأوراق إذ بلغ 1.683 % مقارنة بأقل متوسط لتركيز هذا العنصر إذ بلغ 1.527 % عند التسميد الأرضي للمعاملة 180 ملغم.لتر$^{-1}$ وبنسبة زيادة مقدارها 10.2 % . وكما أظهر التداخل الثنائي بين الحديد المعدني والنانوي تأثيراً معنوياً أيضاً في متوسط هذه الصفة إذ نجد أن أعلى متوسط لتركيز هذا العنصر قد تميزت به النباتات المعاملة بالحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 1.767 % في حين إن أوطأ متوسط لهذه الصفة قد سجل عند معاملة 180ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و180ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي والبالغ 1.570 % وبنسبة زيادة بلغت 12.5 % .

جدول 22 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية للبوتاسيوم % في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	1.530	1.690	1.507	1.576
	180	1.683	1.620	1.767	1.690
	360	1.750	1.720	1.777	1.749
التسميد الارضي	0	1.613	1.490	1.743	1.616
	180	1.703	1.520	1.470	1.564
	360	1.560	1.570	1.757	1.629
L.S.D 0.05		0.063			0.036
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		1.640	1.602	1.670	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.026			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	1.654	1.677	1.683	1.671
	التسميد الارضي	1.626	1.527	1.657	1.603
L.S.D 0.05		0.036			0.021
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	1.572	1.590	1.625	1.596
	180	1.693	1.570	1.618	1.627
	360	1.655	1.645	1.767	1.689
L.S.D 0.05		0.044			0.026

وكذلك أظهر التداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة تأثيراً معنوياً واضحاً في متوسط هذه الصفة إذ نجد أن أعلى متوسط لتركيز هذا العنصر في الأوراق قد تميز به التسميد الورقي والمجهز بـ 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي إذ بلغ 1.777 % ، في

حين أعطى التسميد الأرضي عند المعاملة بتركيز (180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني+360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي) أقل متوسطاً في هذه الصفة إذ بلغ 1.470 % ، وبنسبة زيادة بلغت 20.9 % .

4-1-2-4: تركيز الحديد (ملغم.كغم$^{-1}$) في الأوراق

تشير البيانات الموضحة في الجدول (23) إلى وجود إختلافات معنوية بين طريقتي الإضافة في متوسط تركيز الحديد في الأوراق إذ تفوق التسميد الأرضي معنوياً على التسميد الورقي في إعطاء أعلى متوسط لتركيز الحديد في الأوراق بلغ 128.30 ملغم.كغم$^{-1}$ في حين سجل التسميد الورقي أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 117.00 ملغم.كغم$^{-1}$. وكما وجد أن للحديد المعدني تأثير معنوي في متوسط تركيز الحديد في الأوراق إذ ازداد تركيزه في الأوراق بزيادة مستويات إضافته إذ لُوحظ أن معاملة الحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ سجلت أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 132.50 ملغم.كغم$^{-1}$ وقد أختلف معنوياً عن النباتات غير المعاملة بالحديد المعدني التي سجلت أوطأ متوسط لهذه الصفة بلغ 114.00 ملغم.كغم$^{-1}$. وكذلك كان للحديد النانوي تأثيراً معنوياً أيضاً في هذه الصفة فقد لوحظ أن معاملة الحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ قد حققت زيادة معنوية في متوسط هذه الصفة بلغت 139.61 ملغم.كغم$^{-1}$ مقارنة بمعاملة السيطرة التي شهدت نباتاتها إنخفاض معنوي واضح في متوسط هذه الصفة بلغ 104.72 ملغم.كغم$^{-1}$. ويظهر في الجدول نفسه أن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني دور معنوي واضح في متوسط هذه الصفة إذ وجد أن التسميد الأرضي المستلم 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني قد أعطى أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 134.89 ملغم.كغم$^{-1}$ قياساً بالتسميد الورقي غير المعامل بالحديد المعدني الذي أظهر إنخفاضاً معنوياً واضحاً في هذه الصفة بلغ 108.56 ملغم.كغم$^{-1}$ وبنسبة زيادة مقدارها 24.3 % . كما يتضح من الجدول (23) أن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي تأثير معنوي في متوسط هذه الصفة إذ سجل التسميد الأرضي المعامل بالحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط بلغ 144.44 ملغم.كغم$^{-1}$ في حين التسميد الورقي غير المعامل بالحديد النانوي قد حقق أقل متوسط بلغ 100.22 ملغم.كغم$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 44.1 % . كان للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي تأثيراً معنوياً في هذه الصفة إذ أعطت معاملة الحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 154.83 ملغم.كغم$^{-1}$ في حين أقل متوسط لهذه الصفة تم الحصول عليها من معاملة السيطرة والتي أعطت متوسطاً بلغ 90.17 ملغم.كغم$^{-1}$ ، إذ بلغت الزيادة 71.7 % .

وكذلك أظهر التداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة تأثيراً معنوياً واضحاً إذ أعطى التسميد الورقي المرشوش بالحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى

متوسط لهذه الصفة بلغ 156.33 ملغم.كغم$^{-1}$ في حين أقل متوسط صاحب التسميد الورقي أيضاً لمعاملة السيطرة والذي بلغ 88.67 ملغم.كغم$^{-1}$ ، أي بنسبة زيادة 76.3 % .

جدول 23 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في معدل تركيز الحديد (ملغم.كغم$^{-1}$) في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	88.67	112.67	124.33	108.56
	180	101.67	111.67	123.67	112.33
	360	110.33	123.67	156.33	130.11
التسميد الارضي	0	91.67	130.33	136.33	119.44
	180	114.33	133.67	143.67	130.56
	360	121.67	129.67	153.33	134.89
L.S.D 0.05		6.64			3.83
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		104.72	123.61	139.61	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		2.71			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	100.22	116.00	134.78	117.00
	التسميد الارضي	109.22	131.22	144.44	128.30
L.S.D 0.05		3.83			2.21
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	90.17	121.50	130.33	114.00
	180	108.00	122.67	133.67	121.44
	360	116.00	126.67	154.83	132.50
L.S.D 0.05		4.69			2.71

4-2-2 : معدلات الأمتصاص للعناصر الغذائية

4-2-2-1: معدل إمتصاص النتروجين (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)

يشير الجدول (24) إلى عدم وجود تأثير معنوي لطريقة الإضافة من جهة وللحديد المعدني من جهة أخرى في متوسطات إمتصاص نبات المورينجا للنتروجين ، بينما أعطت معاملة الحديد النانوي تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ سجل أعلى متوسط لإمتصاص النتروجين عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ بلغ 2.046 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ والتي لم تختلف معنوياً عن المعاملة بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي ، في حين أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 1.915ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ عند نباتات المعاملة بتركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي ، وبنسبة زيادة مقدارها 6.8 %.

في حين لم يكن للتداخلات الثنائية بين طريقة الإضافة والحديد المعدني وطريقة الإضافة والحديد النانوي أي تأثير معنوي في هذه الصفة ، بينما أثر التداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت معاملة الحديد المعدني بتركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد

النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط إذ بلغ 2.224 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ وأقل متوسط عند معاملة السيطرة والبالغ 1.777 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 25.2 % .

جدول 24 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في متوسط إمتصاص النتروجين (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	1.900	1.889	2.203	1.997
	180	1.895	2.108	1.991	1.998
	360	1.985	1.998	2.053	2.012
التسميد الارضي	0	1.653	1.984	2.244	1.960
	180	1.964	2.145	1.877	1.995
	360	2.093	1.962	1.909	1.988
L.S.D 0.05		0.159			N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		1.915	2.014	2.046	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.065			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	1.927	1.998	2.082	2.003
	التسميد الارضي	1.903	2.030	2.010	1.981
L.S.D 0.05		N.S			N.S
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	1.777	1.936	2.224	1.979
	180	1.930	2.127	1.934	1.997
	360	2.039	1.980	1.981	2.000
L.S.D 0.05		0.112			N.S

وفيما يخص التداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة فقد لوحظ وجود تأثير معنوي في معدل إمتصاص النتروجين إذ يُبين الجدول نفسه إلى أن أعلى متوسط لهذه الصفة تميز به التسميد الأرضي عند تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي بلغ 2.244 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ بينما أظهر التسميد الأرضي أيضاً عند معاملة السيطرة أدنى متوسط لهذه الصفة وصل إلى 1.653 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة قدرها 35.8 % .

4-1-2-2 : معدل إمتصاص الفسفور (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)

تظهر النتائج المذكورة في جدول (25) أن طريقة الإضافة له أثر معنوي في هذه الصفة إذ كان أعلى معدل إمتصاص للفسفور عند التسميد الأرضي بلغ 0.300 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في حين كان أقل متوسط لهذه الصفة عند التسميد الورقي والبالغ 0.268 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$. أما معاملة الحديد المعدني فقد أظهرت فروق معنوية في متوسط إمتصاص الفسفور إذ نجد أن أعلى متوسط لهذه

الصفة حققه تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغ 0.295 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ والتي لم تختلف معنوياً عن معاملة الـ 180 ملغم.لتر$^{-1}$ ، بينما أدنى متوسط لهذه الصفة حققهُ تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني والبالغ 0.269 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$. ويبين الجدول ذاته وجود تأثير معنوي للحديد النانوي في متوسط هذه الصفة إذ أعطى التركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 0.312 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ مقارنة باقل متوسط لهذه الصفة سجلته نباتات معاملة السيطرة من دون حديد نانوي إذ بلغ 0.251 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$.

جدول 25 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في معدل إمتصاص الفسفور (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$) في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	0.222	0.280	0.238	0.247
	180	0.230	0.277	0.321	0.276
	360	0.250	0.303	0.293	0.282
التسميد الارضي	0	0.216	0.323	0.336	0.292
	180	0.285	0.284	0.330	0.300
	360	0.305	0.267	0.353	0.308
L.S.D 0.05		0.033			N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		0.251	0.289	0.312	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.014			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	0.234	0.287	0.284	0.268
	التسميد الارضي	0.269	0.291	0.340	0.300
L.S.D 0.05		0.019			0.011
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	0.219	0.301	0.287	0.269
	180	0.258	0.281	0.326	0.288
	360	0.278	0.285	0.323	0.295
L.S.D 0.05		0.024			0.014

لم يكن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني أي تأثير معنوي يذكر في هذه الصفة ، بينما أعطى التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي تأثيراً معنوياً في معدل إمتصاص الفسفور إذ أعطى التسميد الأرضي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أعلى متوسط لهذه الصفة وصل إلى 0.340 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ بينما أقل متوسط صاحب التسميد الورقي من دون المعاملة بالحديد النانوي إذ بلغ 0.234 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة مقدارها 45.3 % . كذلك لوحظ تداخل معنوي بين الحديد المعدني والحديد النانوي في متوسط هذه الصفة إذ وجد أن الحديد المعدني بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعطى أعلى متوسط لهذه

الصفة بلغ 0.326 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ بينما نجد أن معاملة السيطرة أعطت أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 0.219 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة بلغت 48.9 % . أما فيما يتعلق بتأثير التداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة فقد كان له تاثيراً معنوياً أيضاً في معدل إمتصاص الفسفور ، إذ أن أعلى متوسط لهذه الصفة تمثل به التسميد الأرضي المعامل بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ لكل من الحديد المعدني والنانوي بلغ 0.353 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في حين سجل نفس التسميد الأرضي عند معاملة السيطرة أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 0.216 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة بلغت 63.4 % .

4-2-2-3 : معدل إمتصاص البوتاسيوم (ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)

تشير نتائج الجدول (26) إلى وجود تأثير معنوي لطريقة الإضافة في معدل إمتصاص البوتاسيوم إذ تفوق التسميد الورقي بتسجيلهِ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 1.586 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ قياساً بالتسميد الأرضي الذي أعطى أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 1.509ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$. يلاحظ من الجدول نفسه وجود تأثير معنوي للحديد المعدني في متوسط هذه الصفة إذ سجلت معاملة الحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 1.617 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ بينما نجد أن أقل متوسط لهذه الصفة كان عند المعاملة من دون حديد معدني والبالغ 1.488ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، وكذلك كان للحديد النانوي تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ بلغ أعلى متوسط إمتصاص للبوتاسيوم 1.670 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ في حين أقل متوسط لهذه الصفة سجلته المعاملة من دون حديد نانوي والبالغ 1.465ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$.

أما بالنسبة للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني فقد أعطى تأثيراً معنوياً في معدل إمتصاص البوتاسيوم إذ تميز التسميد الورقي المعامل بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ بإعطائه أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 1.694 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في حين أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 1.440 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ عند التسميد الورقي أيضاً من دون المعاملة بالحديد المعدني وبنسبة زيادة مقدارها 17.6 % . وكما أظهر التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي هو الأخر تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة ، إذ أعطى التسميد الأرضي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 1.677 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ ، في حين أدنى متوسط لهذه الصفة صاحب التسميد الأرضي أيضاً والمعامل بتركيز 180ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي والبالغ 1.412 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة مقدارها 18.8 % . ويلاحظ من النتائج في الجدول نفسه وجود تأثير معنوي للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي إذ بلغ أعلى متوسط لهذه الصفة 1.734 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ عند معاملة الحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ في حين

أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 1.328 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ عند معاملة السيطرة ، وبنسبة زيادة بلغت 30.6 % .

جدول 26 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في معدل إمتصاص البوتاسيوم (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$) في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	1.344	1.493	1.483	1.440
	180	1.502	1.603	1.766	1.624
	360	1.629	1.714	1.739	1.694
التسميد الارضي	0	1.311	1.424	1.871	1.535
	180	1.564	1.358	1.431	1.451
	360	1.439	1.454	1.729	1.540
L.S.D 0.05		0.117			0.068
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		1.465	1.508	1.670	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.048			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	1.492	1.603	1.663	1.586
	التسميد الارضي	1.438	1.412	1.677	1.509
L.S.D 0.05		0.068			0.039
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	1.328	1.458	1.677	1.488
	180	1.533	1.481	1.599	1.537
	360	1.534	1.584	1.734	1.617
L.S.D 0.05		0.083			0.048

أما عن تأثير التداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة في معدل إمتصاص البوتاسيوم فيتضح من البيانات المذكورة في الجدول نفسه وجود فروق معنوية نتيجة للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة فقد حقق التسميد الأرضي عند تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 1.871 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، بينما أقل متوسط لهذه الصفة سجله التسميد الأرضي أيضاً عند معاملة السيطرة والبالغ 1.311 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة مقدارها 42.7 % .

4-2-2-4 : معدل إمتصاص الحديد (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)

يبين جدول (27) أن طريقة الإضافة لها تأثير معنوي في معدل إمتصاص الحديد إذ تفوق التسميد الأرضي على التسميد الورقي في متوسط هذه الصفة إذ أعطى التسميد الأرضي أعلى متوسط بلغ 0.0125 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في حين أعطى التسميد الورقي أقل متوسط والذي بلغ 0.0115 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$. كما وجد أن للحديد المعدني تأثير معنوي في متوسط هذه الصفة إذ

أعطت معاملة الحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط بلغ 0.0131 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ قياساً بنباتات معاملة السيطرة التي سجلت أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 0.0111 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$. وكذلك يتضح من بيانات نفس الجدول أن للحديد النانوي تأثير معنوي في متوسط هذه الصفة إذ سجلت المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط بلغ 0.0141 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ مقارنة بأقل متوسط سجلته النباتات من دون المعاملة بالحديد النانوي والبالغ 0.0100 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$.

جدول 27 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في معدل إمتصاص الحديد (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	0.0083	0.0101	0.0122	0.0102
	180	0.0094	0.0116	0.0125	0.0112
	360	0.0111	0.0125	0.0156	0.0131
التسميد الارضي	0	0.0082	0.0128	0.0148	0.0120
	180	0.0109	0.0121	0.0141	0.0124
	360	0.0118	0.0125	0.0153	0.0132
L.S.D 0.05	0.0009				0.0005
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		0.0100	0.0119	0.0141	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05	0.0004				
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	0.0096	0.0114	0.0134	0.0115
	التسميد الارضي	0.0103	0.0125	0.0147	0.0125
L.S.D 0.05	N.S				0.0003
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	0.0082	0.0115	0.0135	0.0111
	180	0.0102	0.0119	0.0133	0.0118
	360	0.0115	0.0125	0.0154	0.0131
L.S.D 0.05	0.0007				0.0004

ويشير الجدول ذاته إلى وجود تأثير معنوي للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني إذ حقق التسميد الأرضي المستلم 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 0.0132 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في حين أظهر التسميد الورقي عند تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 0.0102 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة بلغت 29.4 % . لم يكن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي أي تأثير معنوي يذكر في هذه الصفة . في حين أظهر التداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي تأثيراً معنوياً في معدل إمتصاص الحديد ، إذ أعطت معاملة الحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 0.0154 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ وبالمقابل وجد أن أدنى متوسط لهذه

الصفة كانت فيه معاملة السيطرة التي أعطت أقل متوسط بلغ 0.0082 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$. وبنسبة زيادة قدرها 87.8 % . كذلك كان للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ تفوق التسميد الورقي مع تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي بإعطائه أعلى متوسط لإمتصاص الحديد بلغ 0.0156 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ مقارنة بالتسميد الأرضي من دون المعاملة بالحديد المعدني والنانوي والذي أعطى أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 0.0082 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$، وبنسبة زيادة بلغت 90.2 % .

4-2-3 : معدل النقل للعناصر الغذائية

4-2-3-1 : معدل نقل النتروجين (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)

تظهرالنتائج في الجدول (28) إلى عدم وجود تأثير معنوي لطريقة الإضافة من جهة وللحديد المعدني من جهة أخرى في معدل نقل النتروجين . ويستدل من بيانات نفس الجدول وجود تأثير معنوي للحديد النانوي في معدل نقل النتروجين إذ تميزت النباتات المعاملة بالحديد النانوي وبتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ في إعطاء أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 1.893 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ التي لم تختلف معنوياً عن معاملة الحديد النانوي بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ في حين أقل متوسط لهذه الصفة تمثلت به النباتات غير المعاملة بالحديد النانوي والبالغ 1.761 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$.

وكذلك يلاحظ من الجدول ذاته عدم وجود تأثير معنوي للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني في متوسط هذه الصفة ، أما التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي فهو الأخر أثر معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطى التسميد الورقي عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 1.954 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ بينما أظهر التسميد الأرضي من دون حديد نانوي أدنى متوسط لهذه الصفة والذي بلغ 1.754 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة مقدارها 11.4 % . كما بينت النتائج في الجدول نفسه وجود تأثير معنوي في متوسط هذه الصفة نتيجة للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي إذ أعطت المعاملة بتركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 2.060 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في حين أعطت معاملة السيطرة أقل متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 1.658 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$.

أثر التداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة معنوياً في معدل نقل النتروجين إذ تميز التسميد الورقي والمعامل بتركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي بتسجيله أعلى متوسط لنقل النتروجين بلغ 2.096 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ مقارنة بالتسميد الأرضي عند معاملة السيطرة والذي أعطى أقل متوسط لهذه الصفة والبالغ 1.533 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة بلغت 36.7 % .

جدول 28 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في معدل نقل النتروجين (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	1.784	1.744	2.096	1.875
	180	1.751	1.924	1.856	1.844
	360	1.765	1.888	1.911	1.855
التسميد الارضي	0	1.533	1.860	2.024	1.805
	180	1.827	2.013	1.766	1.869
	360	1.903	1.815	1.705	1.808
L.S.D 0.05		0.163			N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		1.761	1.874	1.893	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.066			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	1.767	1.852	1.954	1.858
	التسميد الارضي	1.754	1.896	1.832	1.827
L.S.D 0.05		0.094			N.S
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	1.658	1.802	2.060	1.840
	180	1.789	1.969	1.811	1.856
	360	1.834	1.852	1.808	1.831
L.S.D 0.05		0.115			N.S

4-2-3-2 : معدل نقل الفسفور (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)

يتضح من جدول (29) إن طريقة الإضافة قد أحدثت تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطى التسميد الأرضي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 0.265 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في حين أعطى التسميد الورقي أدنى متوسط لهذه الصفة وصل إلى 0.240 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$. كما حققت معاملة إضافة الحديد المعدني تأثيراً معنوياًفي متوسط نقل الفسفور إذ أظهرت معاملة تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 0.261 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ والتي لم تختلف معنوياً عن المعاملة التي سبقتها ، بينما أقل متوسط لهذه الصفة فقد ظهر مع تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني إذ بلغ 0.240 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$. أثر الحديد النانوي هو الأخر تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ حققت معاملة التركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 0.274 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في حين أعطت معاملة السيطرة أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 0.223 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$.

لم يكن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني أي تأثير معنوي يذكر في معدل نقل الفسفور . أما بالنسبة للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي فقد أظهر تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطى التسميد الأرضي عند التركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط

لهذه الصفة إذ بلغ 0.282 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في حين سجل التسميد الورقي من دون حديد نانوي أقل متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 0.207 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، وبزيادة مقدارها 36.2 % . كما أظهر التداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي هو الأخر تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت المعاملة بالحديد المعدني بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 0.288 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ بينما سجلت معاملة السيطرة أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 0.197 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة مقدارها 46.2 % .

جدول 29 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في معدل نقل الفسفور (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	0.206	0.252	0.207	0.222
	180	0.205	0.252	0.281	0.246
	360	0.215	0.277	0.261	0.251
التسميد الارضي	0	0.188	0.294	0.292	0.258
	180	0.255	0.252	0.295	0.267
	360	0.271	0.233	0.307	0.270
L.S.D 0.05		0.034			N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		0.223	0.260	0.274	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.014			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	0.207	0.261	0.250	0.240
	التسميد الارضي	0.230	0.251	0.282	0.265
L.S.D 0.05		0.019			0.011
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	0.197	0.273	0.250	0.240
	180	0.230	0.252	0.288	0.257
	360	0.243	0.255	0.284	0.261
L.S.D 0.05		0.024			0.014

وكذلك يشير الجدول نفسه إلى وجود تأثير معنوي نتيجة للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة إذ أعطى التسميد الأرضي والمجهز بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أعلى معدل نقل للفسفور بلغ 0.307 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في حين أقل متوسط لهذه الصفة حصل من التسميد الأرضي أيضاً عند معاملة السيطرة إذ كانت 0.188 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة مقدارها 63.3 % .

4-2-3-3 : معدل نقل البوتاسيوم (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)

يشير الجدول (30) أن طريقة الإضافة سببت تأثيراً معنوياً في معدل نقل البوتاسيوم، إذ أعطى التسميد الورقي أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 1.466 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في حين أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 1.360 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ عند التسميد الأرضي . ويتضح من بيانات الجدول نفسه أن الحديد المعدني أثر معنوياً في متوسط نقل البوتاسيوم إذ أن أعلى متوسط لهذه الصفة قد سجل عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ منه والبالغ 1.474 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في حين أعطت معاملة السيطرة أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 1.363 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$. وجد أيضاً أن لتجهيز الحديد النانوي تأثير معنوي في متوسط هذه الصفة إذ أعطت المعاملة بالتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 1.516 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ مقارنة بأقل متوسط لهذه الصفة والذي صاحبت النباتات التي لم تعامل بالحديد النانوي والبالغ 1.340 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$.

أما فيما يتعلق بتأثير التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني فقد ظهر تأثير معنوي في معدل نقل البوتاسيوم ، إذ أن أعلى متوسط لهذه الصفة حققه التسميد الورقي والمعامل بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني والبالغ 1.568ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ بينما نجد أن أدنى متوسط لهذه الصفة جاء من التسميد الأرضي عند تركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني والبالغ 1.311 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$. وكما أظهر التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ تبين من الجدول نفسه أن التسميد الورقي عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي قد أعطى أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 1.536 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ مقارنة بأقل متوسط لهذه الصفة والذي سجله التسميد الأرضي عند تركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي والبالغ 1.281 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، كما كان للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ حقق الحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ1.574 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ وكان أدنى متوسط لهذه الصفة الذي بلغ 1.222ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ مع نباتات معاملة السيطرة ، وبنسبة زيادة بلغت 28.8 % .

وكذلك تشير البيانات الواردة في الجدول ذاته إلى وجود تأثير معنوي للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة إذ أظهر التسميد الأرضي عند تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أعلى معدل لنقل البوتاسيوم والبالغ 1.684 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ فيما كان أقل متوسط لهذه الصفة قد سجله التسميد الأرضي أيضاً عند معاملة السيطرة والبالغ 1.185 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$، وبنسبة زيادة مقدارها 42.1 % .

جدول 30 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في معدل نقل البوتاسيوم (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	1.258	1.380	1.368	1.335
	180	1.399	1.468	1.613	1.493
	360	1.476	1.603	1.626	1.568
التسميد الارضي	0	1.185	1.299	1.684	1.390
	180	1.423	1.224	1.284	1.311
	360	1.296	1.319	1.523	1.379
L.S.D 0.05		0.118			0.068
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		1.340	1.382	1.516	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.048			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	1.378	1.484	1.536	1.466
	التسميد الارضي	1.302	1.281	1.497	1.360
L.S.D 0.05		0.068			0.039
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	1.222	1.340	1.526	1.363
	180	1.411	1.346	1.449	1.402
	360	1.386	1.461	1.574	1.474
L.S.D 0.05		0.083			0.048

4-3-2-4 : معدل نقل الحديد (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$)

يتبين من النتائج المعروضة في جدول (31) التأثير المعنوي لطريقة الإضافة في معدل نقل الحديد إذ حقق التسميد الأرضي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 0.01080 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ بينما أظهر التسميد الورقي أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 0.01030 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$. أثر الحديد المعدني معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت المعاملة بتركيز360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة والبالغ 0.01157 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في حين أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 0.00944 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ عند تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ (عدم المعاملة بالحديد المعدني) ، وكذلك كان للحديد النانوي تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ سجلت معاملة الحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 0.01236 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ وبالمقابل وجد أن النباتات التي لم تعامل بالحديد النانوي قد أظهرت أدنى متوسط لهذه الصفة بلغت 0.00854 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$.

جدول 31 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في معدل نقل الحديد (ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$) لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	0.00721	0.00918	0.01133	0.00924
	180	0.00838	0.01011	0.01127	0.00992
	360	0.00934	0.01152	0.01438	0.01175
التسميد الارضي	0	0.00663	0.01094	0.01133	0.00963
	180	0.00952	0.01168	0.01289	0.01136
	360	0.01014	0.01110	0.01294	0.01139
L.S.D 0.05	0.00115				0.00066
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		0.00854	0.01075	0.01236	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05	0.00047				
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	0.00831	0.01027	0.01233	0.01030
	التسميد الارضي	0.00876	0.01124	0.01238	0.01080
L.S.D 0.05	N.S				0.00038
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	0.00692	0.01006	0.01133	0.00944
	180	0.00895	0.01089	0.01208	0.01064
	360	0.00974	0.01131	0.01366	0.01157
L.S.D 0.05	0.00081				0.00047

كذلك أثر التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ تفوق التسميد الورقي والمعامل بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني بإعطائه أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 0.01175 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في حين أعطى التسميد الورقي أيضاً عند معاملة السيطرة من الحديد المعدني أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 0.00924 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$. في حين لم يكن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي أي تأثير معنوي يذكر في معدل نقل الحديد . بينما تشير نتائج الجدول ذاته إلى وجود تأثير معنوي نتيجة للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي إذ أعطت المعاملة بالحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 0.01366 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ بينما أدنى متوسط لهذه الصفة سجلته نباتات معاملة السيطرة والبالغ 0.00692 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة بلغت 97.4 % .

وأعطى التداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة تأثيراً معنوياً واضحاً في معدل نقل الحديد إذ وجد أن أعلى متوسط لهذه الصفة صاحب التسميد الورقي والمعامل بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي إذ بلغ 0.01438 ملغم.نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ في

حين أدنى متوسط لهذه الصفة ظهر مع التسميد الأرضي عند معاملة السيطرة والبالغ 0.00663 ملغم. نبات$^{-1}$.يوم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة بلغت 116.9 % .

4-2-4: النسبة المئوية للبروتين في الأوراق Protein Percentage in Leaves

تبين النتائج المشار إليها في جدول (32) التأثير المعنوي لطريقة الإضافة في متوسط النسبة المئوية للبروتين في الأوراق إذ وجد أن التسميد الأرضي قد سجَّل أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 13.597 % مقارنة بالتسميد الورقي الذي أعطى أدنى متوسط لهذه الصفة والبالغ 13.248 % وبنسبة زيادة مقدارها 2.63 % . كما أظهر الحديد المعدني تأثيراً معنوياً في متوسط النسبة المئوية للبروتين في الأوراق إذ إن أعلى متوسط لهذه الصفة تم الحصول عليه عند تركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني والبالغ 13.601 % مقارنة بنباتات معاملة السيطرة إذ أعطت متوسط بلغ 13.389 % ومعاملة الـ 360 ملغم.لتر$^{-1}$ التي سجلت أقل متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 13.278 % ، ويتضح من البيانات من الجدول نفسه وجود تأثير معنوي للحديد النانوي أيضاً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت معاملة الحديد النانوي بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 13.729 % في حين أظهرت النباتات المعاملة بـ 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد نانوي أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 13.143 % .

ويظهر في الجدول أعلاه أن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني تأثير معنوي واضح في متوسط هذه الصفة إذ وجد أن التسميد الأرضي المعامل بـ 180ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني قد أعطى أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 14.007 % قياساًبالتسميد الورقي المعامل بـ 360ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني الذي أظهر انخفاضاً معنوياً واضحاً في هذه الصفة بلغ 13.056% . ويظهر التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي وجود اختلافات معنوية في متوسط هذه الصفة إذ أعطى التسميد الأرضي بـ 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي أعلى متوسط إذ بلغ 14.222 % مقارنة بمعاملة التسميد الأرضي بـ 360ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي والذي أعطى أقل متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 12.764 % . بينما وجد من النتائج في الجدول نفسه تأثير معنوي للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي في متوسط هذه الصفة ، إذ أعطت معاملة الحديد المعدني بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 14.511 % قياساً بأقل متوسط لهذه الصفة والذي أظهرته نباتات معاملة الحديد المعدني بتركيز 180ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغ 12.719%.

أما التداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة فقد كان تأثيرهُ معنوياً في متوسط هذه الصفة ، إذ أعطى التسميد الأرضي المعامل بـ 180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني و 180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أعلى

متوسط في هذه الصفة بلغ 15.646 % ، بينما أقل متوسط لهذه الصفة فقد ظهر مع التسميد الورقي لنباتات معاملة السيطرة إذ بلغ 12.480 % وبنسبة زيادة بلغت 25.37 % .

جدول 32 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية للبروتين % في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	12.480	13.521	14.480	13.493
	180	13.334	13.375	12.875	13.195
	360	13.146	12.813	13.209	13.056
التسميد الارضي	0	13.209	13.417	13.229	13.285
	180	13.813	15.646	12.563	14.007
	360	14.396	13.605	12.500	13.500
L.S.D 0.05	0.517				0.299
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		13.396	13.729	13.143	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05	0.211				
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	12.986	13.236	13.521	13.248
	التسميد الارضي	13.806	14.222	12.764	13.597
L.S.D 0.05	0.299				0.172
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	12.844	13.469	13.855	13.389
	180	13.573	14.511	12.719	13.601
	360	13.771	13.209	12.855	13.278
L.S.D 0.05	0.366				0.211

4-2-5 : محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي (ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري)

تشير البيانات المعروضة في جدول (33) إلى وجود تأثير معنوي لطريقة الإضافة في متوسط محتوى الكلوروفيل في الأوراق إذ أعطى التسميد الورقي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 13.14 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري مقارنة بأقل متوسط لهذه الصفة بلغ 12.21 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري عند التسميد الأرضي . كما يتبين من النتائج في الجدول نفسه إلى أن المعاملة بالحديد المعدني قد أعطت تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ تمثل أعلى متوسط لهذه الصفة عند تركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني والبالغ 13.41 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري بينما وجد أن أدنى متوسط لهذه الصفة كان عند تركيز 0 ملغم.غم$^{-1}$ حديد معدني والذي بلغ 11.74 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري . كذلك يتضح من الجدول (33) أن الرش بالحديد النانوي قد حقق تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 13.61 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري بينما

أعطت نباتات معاملة السيطرة أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 12.19 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري وبنسبة زيادة 11.65 % .

جدول 33 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في محتوى اوراق نبات *M. oleifera* من الكلوروفيل الكلي (ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري) .

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني ملغم.لتر$^{-1}$	تراكيز الحديد النانوي المخلبي ملغم.لتر$^{-1}$			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	9.88	13.40	13.90	12.39
	180	11.08	15.48	16.18	14.25
	360	11.56	11.21	15.61	12.79
التسميد الارضي	0	11.76	10.68	10.85	11.09
	180	13.03	11.71	12.96	12.56
	360	15.85	10.92	12.17	12.98
L.S.D 0.05		N.S			N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		12.19	12.23	13.61	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		1.01			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	10.84	13.36	15.23	13.14
	التسميد الارضي	13.54	11.10	11.99	12.21
L.S.D 0.05		1.43			0.82
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي ملغم.لتر$^{-1}$					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	10.82	12.04	12.37	11.74
	180	12.06	13.59	14.57	13.41
	360	13.70	11.07	13.89	12.89
L.S.D 0.05		1.75			1.01

لم يكن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني أي تأثير معنوي في متوسط محتوى الكلوروفيل في الأوراق ، أما التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي فقد أظهر تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة ، إذ تفوق التسميد الورقي عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي بإعطائه أعلى متوسط لهذه الصفة والبالغ 15.23 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري مقارنة بمعاملة التسميد الورقي غير المعاملة بالحديد النانوي والذي أعطت أقل متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 10.84 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري وكانت نسبة الزيادة 40.49 % . كما أظهر التداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي هو الأخر تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة ، إذ لوحظ أن أعلى متوسط لهذه الصفة سجلته المعاملة بالحديد المعدني عند التركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي عند التركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغ 14.57 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري ، بينما أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 10.82 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري عند نباتات معاملة السيطرة وبنسبة زيادة بلغت 34.66 % .

أما التداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة فلم يكن له تأثير معنوي يذكر في متوسط هذه الصفة .

4-2-6:النسبة المئوية للكاربوهيدرات الكلية في الأوراق (مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف)

يتضح من جدول (34) إن طريقة الإضافة كان لها أثراً معنوياً في متوسط النسبة المئوية للكاربوهيدرات في الأوراق إذ حقق التسميد الأرضي أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 21.29 مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف بينما سجَّل التسميد الورقي أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 20.78 مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف . وجد من خلال الجدول نفسه أن المعاملة بالحديد المعدني قد أثرت معنوياً في متوسط هذه الصفة ، إذ إن أعلى متوسط لهذه الصفة تم الحصول عليه من معاملة التركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغ 21.93 مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف في حين أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 20.28 مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني . وكما أثرت معاملة الحديد النانوي معنوياً أيضاً في متوسط هذه الصفة إذ حققت المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 22.57 مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف قياساً بأدنى متوسط لهذه الصفة تم الحصول عليه من دون المعاملة بالحديد النانوي والبالغ 19.77 مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف ، بنسبة زيادة مقدارها 14.2 % .

في حين كان للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ تميز التسميد الأرضي والمعامل بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني بتسجيله أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 21.98 مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف وبالمقابل وجد أن التسميد الورقي بالمعاملة 360ملغم.لتر$^{-1}$ قد حقق أقل متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 19.83 مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف ، وبنسبة زيادة بلغت 10.8 % . وكذلك أعطى التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي فروق معنوية في متوسط هذه الصفة إذ إن أعلى متوسط لهذه الصفة صاحب التسميد الورقي والمعامل بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 23.19 % في حين أقل متوسط لهذه الصفة تم الحصول عليه من التسميد الورقي أيضاً من دون المعاملة بالحديد النانوي إذ وصل إلى 19.14 مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف . ويظهر من بيانات الجدول نفسه التأثير المعنوي للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي في متوسط النسبة المئوية للكاربوهيدرات في الأوراق إذ إن أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 23.27 مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف عند المعاملة بالحديد المعدني بتركيز 360 ملغم .لتر$^{-1}$ والحديد النانوي 360 ملغم.لتر$^{-1}$ بينما أظهرت معاملة 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني وبدون حديد نانوي أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 17.74 مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف ، وبنسبة زيادة بلغت 31.2 % .

أما التداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة فقد كان تأثيرهُ معنوياً في متوسط هذه الصفة ، إذ أعطى التسميد الورقي المجهز بالحديد المعدني بتركيز360 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360

ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 25.10 مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف ، بينما أقل متوسط لهذه الصفة فقد ظهر مع التسميد الورقي أيضاً الذي عُومل بالحديد المعدني بتركيز 360ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز0 ملغم.لتر$^{-1}$ بلغ 17.13 مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف ، وبنسبة زيادة قدرها 46.5 % .

جدول 34 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية للكاربوهيدرات الكلية (مايكروغرام.غم$^{-1}$ وزن جاف) في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	19.15	20.68	22.05	20.63
	180	21.14	22.06	22.43	21.88
	360	17.13	17.25	25.10	19.83
التسميد الارضي	0	20.12	19.49	23.86	21.16
	180	22.75	22.64	20.57	21.98
	360	18.36	22.41	21.43	20.73
L.S.D 0.05		0.77			0.44
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		19.77	20.75	22.57	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.31			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	19.14	20.00	23.19	20.78
	التسميد الارضي	20.41	21.51	21.95	21.29
L.S.D 0.05		0.44			0.26
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	19.63	20.09	22.96	20.89
	180	21.95	22.35	21.50	21.93
	360	17.74	19.83	23.27	20.28
L.S.D 0.05		0.54			0.31

4-3 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في الفعالية الإنزيمية وغير الإنزيمية لنبات المورينجا

4-3-1: فعالية إنزيم Peroxidase (وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري)

تشير النتائج المذكورة في جدول (35) إلى وجود تأثير معنوي للتسميد الأرضي في متوسط فعالية إنزيم البيروكسيديز إذ أعطى أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 10.90 وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري في حين أقل متوسط لهذه الصفة كان عند التسميد الورقي والبالغ 6.48 وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري وبنسبة زيادة مقدارها 68.2 % . كما كان للمعاملة بالحديد المعدني تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ يتضح من الجدول (35) أن أعلى متوسط لهذه الصفة كان عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني إذ بلغ 9.23 وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري التي لم تختلف معنوياً عن معاملة الـ 180

ملغم.لتر$^{-1}$ في حين أظهرت النباتات من دون المعاملة أقل متوسط لهذه الصفة والبالغ 7.86 وحدة.غم^{1} وزن طري . كذلك أثر الحديد النانوي معنوياً في متوسط فعالية إنزيم البيروكسيديز إذ وجد أن أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 9.88 وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي التي لم تختلف معنوياً عن المعاملة بالتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ في حين سجلت النباتات من دون المعاملة بالحديد النانوي أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 7.14 وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري .

جدول 35 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في فعالية إنزيم البيروكسيديز Peroxidase (وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري) لاوراق لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	5.06	6.28	6.66	6.00
	180	5.91	7.22	6.38	6.50
	360	6.09	6.75	7.97	6.94
التسميد الارضي	0	6.67	10.89	11.63	9.73
	180	8.81	11.44	14.06	11.44
	360	10.31	11.72	12.56	11.53
L.S.D 0.05		N.S			N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		7.14	9.05	9.88	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		1.00			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	5.69	6.75	7.00	6.48
	التسميد الارضي	8.60	11.35	12.75	10.90
L.S.D 0.05		1.42			0.82
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	5.87	8.58	9.14	7.86
	180	7.36	9.33	10.22	8.97
	360	8.20	9.24	10.27	9.23
L.S.D 0.05		N.S			1.00

أما بالنسبة للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني فلم يظهر أي تأثير معنوي في متوسط هذه الصفة . ومن خلال بيانات الجدول نفسه يلاحظ وجود فروق معنوية نتيجة للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي في متوسط هذه الصفة ، إذ تميز التسميد الأرضي عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي بإعطائه أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 12.75 وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري بينما حقق التسميد الورقي عند تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 5.69 وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري وبنسبة زيادة بلغت 124.1 % .

في حين لم يكن للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي من جهة وكذلك للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة أي تأثير معنوي في متوسط هذه الصفة .

4-3-2 : فعالية إنزيم Catalase (وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري)

يشير الجدول (36) إلى تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في متوسط فعالية أنزيم الكاتليز في أوراق نبات المورينجا إذ تشير البيانات الواردة في الجدول أعلاه إلى عدم وجود تأثير معنوي لطريقة الإضافة في متوسط هذه الصفة ، بينما أثرت العوامل المفردة الأخرى معنوياً في هذه الصفة حيث أظهرت نتائج الجدول نفسه أن المعاملة بالحديد المعدني أثرت معنوياً في متوسط فعالية أنزيم الكاتليز في أوراق المورينجا إذ أعطت النباتات المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 13.46 وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري والتي إختلفت وبفارق معنوي عن النباتات المعاملة بـ 180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني التي سجلت أقل متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 11.21 وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري ، وكما وجد أن للحديد النانوي تأثير معنوي في متوسط فعالية أنزيم الكاتليز في الأوراق إذ أعطت معاملة الحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط في هذه الصفة إذ بلغ 13.51 وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري في حين نجد أن أقل متوسط لهذه الصفة قد تميزت به النباتات غير المعاملة بالحديد النانوي بلغ 11.12 وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري .

جدول 36 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في فعالية أنزيم الكاتليز (وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري) لأوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	9.89	9.18	15.19	11.42
	180	10.61	11.12	12.95	11.56
	360	13.29	12.10	15.08	13.49
التسميد الارضي	0	9.66	11.42	14.44	11.84
	180	9.93	12.04	10.63	10.86
	360	13.34	14.17	12.78	13.43
L.S.D 0.05		N.S			N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		11.12	11.67	13.51	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		1.26			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	11.26	10.80	14.41	12.16
	التسميد الارضي	10.97	12.54	12.62	12.05
L.S.D 0.05		1.78			N.S
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	9.78	10.30	14.81	11.63
	180	10.27	11.58	11.79	11.21
	360	13.31	13.14	13.93	13.46
L.S.D 0.05		3.96			1.26

أما بالنسبة للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني فلم يكن له أي تأثير معنوي يُذكر في هذه الصفة . أما عن تأثير التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي فتبيّن البيانات الواردة في الجدول (36) وجود فروق معنوية إذ أعطى التسميد الورقي عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 14.41 وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري في حين سجل التسميد الورقي نفسه بالمعاملة 180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أقل متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 10.80 وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري ، وبنسبة زيادة قدرها 33.4 % . وكذلك أعطى التداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ تميزت معاملة الحديد المعدني بتركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ بتسجيلها أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 14.81 وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري وبالمقابل وجد أن أدنى متوسط لهذه الصفة إتصفت به نباتات معاملة السيطرة والتي بلغت 9.78 وحدة.غم$^{-1}$ وزن طري ، وبنسبة زيادة بلغت 51.4 % . لم يظهر التداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة أي تأثير معنوي في هذه الصفة .

4-3-3: تركيز الـ Ascorbic acid فيتامين C (ملغم.كغم$^{-1}$)

من الجدول (37) يتضح أن طريقة الإضافة قد أثَّرت معنوياً في متوسط تركيز الـ Ascorbic acid إذ أعطى التسميد الورقي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 9.834 ملغم.كغم$^{-1}$ مقارنة بالتسميد الأرضي الذي سجَّل أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 9.556 ملغم.كغم$^{-1}$ ، وتبين النتائج في الجدول ذاته أن الحديد المعدني حقق تأثيراً معنوياً في متوسط تركيز لـ Ascorbic acid إذ أعطى التركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 9.764 ملغم.كغم$^{-1}$ التي لم تختلف معنوياً عن معاملة الـ 180 ملغم.لتر$^{-1}$ ومعاملة السيطرة التي سجَّلت أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 9.557 ملغم.كغم$^{-1}$ ، وكما أشار الجدول نفسه إلى وجود تأثير معنوي للحديد النانوي في متوسط هذه الصفة إذ أعطى التركيز 360ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 9.900 ملغم.كغم$^{-1}$ بينما أظهرت النباتات غير المعاملة بالحديد النانوي أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 9.368 ملغم.كغم$^{-1}$.

أما بالنسبة للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني فقد سجل هو الأخر تأثيراً معنوياً في متوسط تركيز الـ Ascorbic acid إذ وجد أن أعلى متوسط لهذه الصفة حصل من التسميد الورقي والمعامل بالحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغ 9.963 ملغم.كغم$^{-1}$ مقارنة بالتسميد الأرضي غير المعامل بالحديد المعدني الذي حقق أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 9.456 ملغم.كغم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة بلغت 5.4 % ، كما لوحظ من الجدول نفسه وجود تأثير معنوي للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي في متوسط تركيز الـ Ascorbic acid . إذ أعطى التسميد الورقي عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 10.124 ملغم.كغم$^{-1}$ في

حين أقل متوسط لهذه الصفة تم الحصول عليه من من التسميد الورقي أيضاً ومن دون حديد نانوي والبالغ 9.359 ملغم.كغم$^{-1}$ وبنسبة زيادة قدرها 8.2 % ، وأظهر التداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي تأثيراً معنوياً أيضاً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت المعاملة بتركيز 180ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي أعلى متوسط لهذه الصفة وصل إلى 10.080 ملغم.كغم$^{-1}$ مقارنة بمعاملة السيطرة التي أعطت أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 9.220 ملغم.كغم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة مقدارها 9.3 % .

أثر التداخل الثلاثي بين العوامل قيد الدراسة معنوياً أيضاً في متوسط هذه الصفة إذ أعطى التسميد الورقي والمعامل بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 10.230 ملغم.كغم$^{-1}$ بينما أقل متوسط لهذه الصفة فقد ظهر مع التسميد الورقي أيضاً من دون حديد معدني ونانوي إذ بلغ 9.130 ملغم.كغم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة بلغت 12.0 % .

جدول 37 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في تركيز الـ Ascorbic acid (ملغم.كغم$^{-1}$) في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	9.130	9.877	9.970	9.659
	180	9.370	10.037	10.230	9.879
	360	9.577	10.140	10.173	9.963
التسميد الارضي	0	9.310	9.497	9.560	9.456
	180	9.380	9.630	9.930	9.647
	360	9.440	9.720	9.537	9.566
L.S.D 0.05		0.020			0.011
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		9.368	9.817	9.900	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.008			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	9.359	10.018	10.124	9.834
	التسميد الارضي	9.377	9.616	9.676	9.556
L.S.D 0.05		0.011			0.007
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	9.220	9.687	9.765	9.557
	180	9.375	9.833	10.080	9.763
	360	9.508	9.930	9.855	9.764
L.S.D 0.05		0.014			0.008

4-3-4: تركيز الـ alpha-Tocopherol فيتامين E (ملغم.كغم$^{-1}$)

يشير الجدول (38) إلى أن طريقة الإضافة قد أثرت تأثيراً معنوياً في تركيز الـ alpha-Tocopherol ، إذ تفوق التسميد الورقي بإعطائهِ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 7.666 ملغم.كغم$^{-1}$ قياساً بالتسميد الأرضي الذي أعطى أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 7.306 ملغم.كغم$^{-1}$ أي بنسبة زيادة مقدارها 4.9 % ، وكما بينت النتائج المذكورة في الجدول نفسه إلى وجود تأثير معنوي للحديد المعدني في متوسط هذه الصفة إذ حققت النباتات عند التركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 7.845 ملغم.كغم$^{-1}$ في حين أعطت معاملة السيطرة أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 7.089 ملغم.كغم$^{-1}$ ، أي بنسبة زيادة مقدارها 10.7 % . وكذلك أظهرت المعاملة بالحديد النانوي تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة. إذ أعطت المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 7.920 ملغم.كغم$^{-1}$ بينما حققت المعاملة بتركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي أقل متوسط لهذه الصفة وصل إلى 6.997 ملغم.كغم$^{-1}$ أي بزيادة مقدارها 13.2 % .

جدول 38 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في تركيز الـ alpha-Tocopherol (ملغم.كغم$^{-1}$) في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	6.470	7.650	7.670	7.263
	180	7.517	7.750	7.850	7.706
	360	7.470	7.793	8.827	8.030
التسميد الارضي	0	6.110	7.293	7.340	6.914
	180	7.177	7.393	7.457	7.342
	360	7.237	7.367	8.377	7.660
L.S.D 0.05		0.074			N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		6.997	7.541	7.920	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.030			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	7.152	7.731	8.116	7.666
	التسميد الارضي	6.841	7.351	7.724	7.306
L.S.D 0.05		0.043			0.025
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	6.290	7.472	7.505	7.089
	180	7.347	7.572	7.653	7.524
	360	7.353	7.580	8.602	7.845
L.S.D 0.05		0.052			0.030

وقد أشارت النتائج المذكورة في الجدول نفسه إلى عدم وجود تأثير معنوي للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني في متوسط هذه الصفة . في حين أثر التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي معنوياً في متوسط تركيز الـ alpha-Tocopherol إذ تفوق التسميد الورقي عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ في تحقيق أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 8.116 ملغم.كغم$^{-1}$ مقارنة بأدنى متوسط لهذه الصفة والذي أظهره التسميد الأرضي والذي لم يعامل بالحديد النانوي والبالغ6.841 ملغم.كغم$^{-1}$. وكما حقق التداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ تميزت المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي بتسجيلها أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 8.602 ملغم.كغم$^{-1}$ التي أختلفت معنوياً عن معاملة السيطرة التي أعطت أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 6.290 ملغم.كغم$^{-1}$ ، أي بنسبة زيادة مقدارها 36.8 % .

وكذلك يظهر الجدول نفسه التأثير المعنوي للتداخل الثلاثي بين العوامل قيد الدراسة في متوسط تركيز الـ alpha-Tocopherol إذ وجد أن أعلى متوسط لهذه الصفة سجله التسميد الورقي والمعامل بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي والبالغ 8.827 ملغم.كغم$^{-1}$ مقارنة بالتسميد الأرضي عند معاملة السيطرة والذي أعطى أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 6.110 ملغم.كغم$^{-1}$ ، أي بزيادة مقدارها 44.5 % .

4 -4: تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي وتداخلاتها في المواد الفعالة لأوراق نبات المورينجا :

4-4-1: محتوى الأوراق من الفلافونويدات (ملغم.غم$^{-1}$)

تشير البيانات الواردة في جدول (39) إلى عدم وجود تأثير معنوي لطريقة الإضافة في متوسط محتوى الأوراق من الفلافونويدات ، وأظهرت نتائج الجدول نفسه أن للمعاملة بالحديد المعدني تأثيراً معنوياً في متوسط محتوى الأوراق من الفلافونويدات إذ أعطت النباتات المعاملة بالحديد المعدني بالتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط في هذه الصفة إذ بلغ 3.725 ملغم.غم$^{-1}$ التي أختلفت وبفارق معنوي عن النباتات غير المعاملة بالحديد المعدني التي سجلت أقل متوسط في محتوى الفلافونويدات إذ بلغ 2.980 ملغم.غم$^{-1}$ ، وكما وجد أن للحديد النانوي تأثير معنوي في محتوى الفلافونويدات في الأوراق إذ أعطت معاملة الحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط في هذه الصفة إذ بلغ 3.692 ملغم.غم$^{-1}$ في حين وجد أن أقل متوسط لهذه الصفة قد إتصفت به النباتات المعاملة بـ 180ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي والتي أعطت أقل متوسط إذ بلغ 3.053 ملغم.غم$^{-1}$.

وكما يبيّن الجدول نفسه عدم وجود تأثير معنوي للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني في متوسط هذه الصفة ، ومن بيانات الجدول نفسه وجد أن التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي قد حقق تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطى التسميد الورقي عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 3.772 ملغم.غم$^{-1}$ بينما أظهر التسميد الورقي نفسه عند تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 2.778 ملغم.غم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة بلغت 35.8 % . ويلاحظ من الجدول ذاته التأثير المعنوي للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي إذ أعطت معاملة الحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 4.013 ملغم.غم$^{-1}$ بينما سجلت معاملة السيطرة أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 2.499 ملغم.غم$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة مقدارها 60.6 % . ولم يظهر التداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة أي تأثير معنوي في متوسط هذه الصفة .

جدول 39 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في محتوى الفلافونويدات (ملغم.غم$^{-1}$) لاوراق لنبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	2.322	2.884	3.549	2.919
	180	2.540	3.301	3.728	3.190
	360	3.473	3.517	4.039	3.676
التسميد الارضي	0	2.676	2.740	3.708	3.041
	180	3.083	2.854	3.384	3.107
	360	4.553	3.025	3.742	3.773
L.S.D 0.05	N.S	N.S			N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		3.108	3.053	3.692	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.304			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	2.778	3.234	3.772	3.261
	التسميد الارضي	3.437	2.873	3.611	3.307
L.S.D 0.05		0.429			N.S
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	2.499	2.812	3.629	2.980
	180	2.811	3.078	3.556	3.148
	360	4.013	3.271	3.890	3.725
L.S.D 0.05		0.526			0.304

2-4-4 : النسبة المئوية للحامض الدهني غير المشبع α- Linolenic acid (Omega-3)

تشير النتائج في الجدول (40) إلى وجود تأثير معنوي لطريقة الإضافة في متوسط هذه الصفة إذ أعطى التسميد الأرضي أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 3.123 % بينما أعطى التسميد الورقي أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 2.964 % . توضح النتائج المشار إليها في الجدول (40) إلى وجود فروق معنوية للمعاملة بالحديد المعدني في متوسط النسبة المئوية لـ α-Linolenic acid إذ أعطى تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 3.116 % ، بينما أظهرت النباتات غير المعاملة بالحديد المعدني أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 2.906 % . كما كان للمعاملة بالحديد النانوي تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أن أعلى متوسط لهذه الصفة تميز به التركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغ 3.081 % وبالمقابل نجد أن التركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي قد أعطى أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 3.016 % .

وجد من خلال التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني تأثير معنوي في متوسط هذه الصفة إذ أن أعلى متوسط لهذه الصفة كان عند التسميد الأرضي والذي عُومل بالحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغ 3.269 % بينما أظهر التسميد الأرضي أيضاً عند تركيز التركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 2.904 % ، وبنسبة زيادة مقدارها 12.6 % . كما يتبيّن من الجدول نفسه وجود فروق معنوية للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي إذ إن أعلى متوسط لهذه الصفة تميز به التسميد الأرضي المعامل بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي والبالغ 3.220 % بينما أدنى متوسط لهذه الصفة صاحب التسميد الورقي المجهز بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي والبالغ 2.811 % ، وبنسبة زيادة بلغت 14.5 % . أما التداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي فقد تسبب بحدوث فروق معنوية في متوسط النسبة المئوية لـ α-Linolenic acid إذ تفوقت المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني و 0 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي بتسجيلها أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 3.255 % بينما حققت معاملة السيطرة أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 2.617 % وبنسبة زيادة مقدارها 24.4 % .

جدول 40 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية لـ Linolenic acid % في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي(ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	2.863	3.080	2.780	2.908
	180	3.157	3.060	2.850	3.022
	360	3.177	2.910	2.803	2.963
التسميد الارضي	0	2.370	3.233	3.110	2.904
	180	3.307	3.187	3.093	3.196
	360	3.333	3.017	3.457	3.269
L.S.D 0.05	0.034				0.019
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		3.034	3.081	3.016	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05	0.014				
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	3.066	3.017	2.811	2.964
	التسميد الارضي	3.003	3.146	3.220	3.123
L.S.D 0.05	0.019				0.011
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	2.617	3.157	2.945	2.906
	180	3.232	3.123	2.972	3.109
	360	3.255	2.963	3.130	3.116
L.S.D 0.05	0.024				0.011

كما وأسهم التداخل الثلاثي بين العوامل قيد الدراسة في حدوث أثر معنوي في متوسط النسبة المئوية لـ α-Linolenic acid إذ وجد أن أعلى متوسط لهذه الصفة إمتلكه نباتات معاملة التسميد الأرضي والمعامل بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي والبالغ 3.457 % ، بينما وجد أن أدنى متوسط لهذه الصفة عند معاملة السيطرة للتسميد الأرضي أيضاً والبالغ 2.370 % ، وبنسبة زيادة مقدارها 45.9 % .

3-4-4 :النسبة المئوية للحامض الدهني غير المشبع Linoleic acid (Omega-6)

يلاحظ من النتائج في الجدول (41) أن طريقة الإضافة قد إختلفت معنوياً في متوسط النسبة المئوية لـ Linoleic acid في الأوراق إذ تفوقت نباتات التسميد الأرضي معنوياً في إعطاء أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 6.84 % مقارنة بنباتات التسميد الورقي الذي نتج عنه أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 5.90 % . ويتضح من النتائج الموجودة في الجدول ذاته أن للحديد المعدني تأثير معنوي واضح في متوسط هذه الصفة إذ أعطت معاملة الحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى المتوسطات بلغت 6.94 % مقارنة بأقل المتوسطات التي سجلت مع النباتات من دون المعاملة بالحديد المعدني إذ بلغت 5.83 % . ووجد أيضاً أن الحديد النانوي هو الآخر أثّر معنوياً في هذه

الصفة إذ لوحظ أن أعلى نسبة مئوية لـ Linoleic acid في الأوراق كان عند المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 8.09 % ، في حين أقل متوسط كان في أوراق النباتات غير المعاملة بالحديد النانوي وقد بلغ 4.45 % .

في حين لم يكن للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني أي تأثير معنوي في هذه الصفة . أما بالنسبة للتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي فقد أظهر تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت نباتات التسميد الأرضي عند التركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 8.41 % في حين سجَّل التسميد الورقي من دون حديد نانوي أقل متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 4.09 % ، وبنسبة زيادة مقدارها 105.6 % . كما أظهر التداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي هو الآخر تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت النباتات المعاملة بالحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 8.38 % بينما أعطت نباتات معاملة السيطرة أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 3.78 % ، وبنسبة زيادة مقدارها 121.7 % .

جدول 41 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية لـ Linoleic acid % في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	3.50	5.25	7.05	5.27
	180	4.02	5.85	7.80	5.89
	360	4.75	6.45	8.45	6.55
التسميد الارضي	0	4.05	6.40	8.75	6.40
	180	4.74	7.48	8.15	6.79
	360	5.65	8.05	8.32	7.34
L.S.D 0.05		0.44			N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		4.45	6.58	8.09	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.18			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	4.09	5.85	7.77	5.90
	التسميد الارضي	4.81	7.31	8.41	6.84
L.S.D 0.05		0.26			0.15
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	3.78	5.83	7.90	5.83
	180	4.38	6.67	7.98	6.34
	360	5.20	7.25	8.38	6.94
L.S.D 0.05		0.31			0.18

وكذلك يشير الجدول نفسه إلى وجود تأثير معنوي نتيجة للتداخل الثلاثي بين العوامل قيد الدراسة إذ أعطت نباتات التسميد الأرضي والمجهز بتركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني و 360

ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 8.75 % في حين أقل متوسط لهذه الصفة حصل من التسميد الورقي لمعاملة السيطرة إذ كانت 3.50 % ، وبنسبة زيادة بلغت 150 % .

4-4-4 : النسبة المئوية للحامض الدهني المشبع % Stearic acid

يتبين من جدول (42) أن نباتات التسميد الورقي قد تفوقت معنوياً على نباتات التسميد الأرضي في إعطاء أعلى متوسط في النسبة المئوية للحامض الدهني المشبع Stearic acid في الأوراق بلغ 6.34 % قياساً بالتسميد الأرضي الذي أعطى أقل متوسط بلغ 5.19 % وبنسبة زيادة مقدارها 22.2 % . وكما أتضح أن للحديد المعدني تأثير معنوي في زيادة متوسط هذه الصفة في الأوراق وقد لوحظ أن المعاملة بالحديد المعدني بالتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ أعطت أعلى متوسط في هذه الصفة إذ بلغ 5.87 % والتي لم تختلف معنوياً عن المعاملة بالحديد المعدني بالتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ ومقارنةً بنباتات معاملة السيطرة التي أعطت أقل متوسط بلغ 5.58 % . أثر الحديد النانوي معنوياً في هذه الصفة أيضاً إذ أعطت المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغت 5.83 % مقارنة بنباتات معاملة السيطرة التي أعطت أقل متوسط بلغ 5.67 % .

جدول 42 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية لـ Stearic acid % في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	5.97	5.91	6.11	5.99
	180	6.42	6.54	6.55	6.50
	360	6.38	6.61	6.57	6.52
التسميد الارضي	0	5.00	5.19	5.28	5.16
	180	5.14	5.23	5.31	5.23
	360	5.09	5.31	5.15	5.18
L.S.D 0.05		0.07			0.04
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		5.67	5.80	5.83	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.03			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	6.26	6.35	6.41	6.34
	التسميد الارضي	5.08	5.24	5.25	5.19
L.S.D 0.05		0.04			0.02
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	5.49	5.55	5.69	5.58
	180	5.78	5.89	5.93	5.87
	360	5.74	5.96	6.86	5.85
L.S.D 0.05		0.05			0.03

أما فيما يتعلق بالتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني فهو الآخر أظهر تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت نباتات التسميد الورقي والمجهز بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من

الحديد المعدني أعلى متوسط لهذه الصفة وصل إلى 6.52 % وأقل متوسط لهذه الصفة حصل من نباتات التسميد الأرضي من دون معاملة النباتات بالحديد المعدني إذ كان 5.16 % ، وبنسبة زيادة بلغت 26.4 % . وكما أعطى التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي أثراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ سجل التسميد الورقي والمستلم 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي أعلى متوسط لهذه الصفة وصل إلى 6.41 % بينما أقل متوسط لهذه الصفة صاحب التسميد الأرضي من دون إضافة الحديد النانوي إذ بلغ 5.08 % ، وبنسبة زيادة قدرها 26.2 % . وكما يظهر الجدول ذاته التأثير المعنوي للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي في متوسط النسبة المئوية لـ Stearic acid في الأوراق إذ أعطت نباتات المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 6.86 % في حين أقل متوسط لهذه الصفة تم الحصول عليه من معاملة السيطرة والبالغ 5.49 % ، وبزيادة مقدارها 24.9 % .

أما التداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة فقد كان تأثيره معنوياً أيضاً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت نباتات التسميد الورقي المعامل بالحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة وصل إلى 6.61 % في حين أقل متوسط لهذه الصفة صاحب نباتات التسميد الأرضي لمعاملة السيطرة إذ بلغ 5.00 % ، وبنسبة زيادة مقدارها 32.2 % .

5-4-4 : النسبة المئوية % لـ Campesterol

تشير البيانات الواردة في جدول (43) إلى عدم وجود تأثير معنوي لطريقة الإضافة في متوسط النسبة المئوية لـ Campesterol في الأوراق ، ويلاحظ من النتائج في الجدول ذاته أن معاملة النباتات بالحديد المعدني قد سببت تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة وتميزت نباتات المعاملة بتركيز360 ملغم.لتر$^{-1}$ بتسجيلها أعلى متوسط لهذه الصفة وصل إلى 10.39 % في حين أظهرت النباتات عند التركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 9.84 % . ويشير الجدول نفسه إلى وجود تأثير معنوي للحديد النانوي في متوسط هذه الصفة إذ حققت المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 10.26 % مقارنة بالنباتات غير المعاملة بالحديد النانوي والتي أظهرت أدنى متوسط للنسبة المئوية لـ Campesterol في الأوراق كان 9.66 % .

أما فيما يتعلق بالتداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد المعدني فهو الآخر أظهر تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطى التسميد الورقي والمعامل بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة وصل إلى10.47 % وأقل متوسط لهذه الصفة حصل من التسميد الأرضي بالمعاملة بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني إذ كان 9.66 % ، وبنسبة زيادة مقدارها 8.38 % .

كما أعطى التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي أثراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ سجل التسميد الورقي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة وصل إلى 10.45 % بينما أقل متوسط لهذه الصفة صاحب نباتات التسميد الأرضي من دون المعاملة بالحديد النانوي إذ بلغ 9.64 % ، وبنسبة زيادة بلغت 8.40 % . ويوضح الجدول ذاته التأثير المعنوي للتداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي في متوسط النسبة المئوية لـ Campesterol في الأوراق إذ أعطت المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 10.42 % في حين أقل متوسط لهذه الصفة تم الحصول عليه من معاملة النباتات بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي والبالغ 9.24 % ، وبنسبة زيادة 12.77 % .

أما التداخل الثلاثي بين العوامل قيد الدراسة فقد كان تأثيره معنوياً أيضاً في متوسط النسبة المئوية لـ Campesterol في الأوراق إذ أعطى التسميد الورقي المعامل بالحديد المعدني بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة وصل إلى 10.52 % في حين أقل متوسط لهذه الصفة نباتات طريقة التسميد الأرضي بالحديد المعدني بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 9.15 % ، وبنسبة زيادة قدرها 14.97 % .

جدول 43 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية لـ Campesterol % في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	9.28	9.38	10.39	9.68
	180	9.32	9.48	10.51	9.77
	360	10.44	10.52	10.45	10.47
التسميد الارضي	0	9.52	10.22	10.28	10.01
	180	9.15	10.27	9.57	9.66
	360	10.25	10.33	10.36	10.31
L.S.D 0.05		0.10			0.06
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		9.66	10.03	10.26	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05		0.04			
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	9.68	9.79	10.45	9.97
	التسميد الارضي	9.64	10.27	10.07	9.99
L.S.D 0.05		0.06			N.S
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	9.40	9.80	10.33	9.84
	180	9.24	9.88	10.04	9.85
	360	10.35	10.42	10.41	10.39
L.S.D 0.05		0.07			0.04

6-4-4 : النسبة المئوية % لـ Gamma-Sitosterol

توضح البيانات المذكورة في جدول (44) التأثير المعنوي لطريقة الإضافة في متوسط النسبة المئوية لـ Gamma-Sitosterol في أوراق نبات المورينجا ، إذ تفوق التسميد الورقي على التسميد الأرضي بإعطائه أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 14.391 % مقارنة بالتسميد الأرضي الذي سجل أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 14.371 % . وكما أظهرت المعاملة بالحديد المعدني تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ أعطت المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة في الأوراق بلغ 14.429 % في حين أظهرت النباتات غير المعاملة بالحديد المعدني أدنى متوسط لهذه الصفة وصل إلى 14.324 % . وكذلك تشير النتائج المعروضة في الجدول نفسه إلى وجود تأثير معنوي للحديد النانوي في متوسط النسبة المئوية لـ G-Sitosterol في الأوراق إذ حققت المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 14.453 % ، وأقل متوسط لهذه الصفة حصل عند معاملة السيطرة من الحديد النانوي والبالغ 14.296 % .

جدول 44 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية لـ G- Sitosterol % في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	14.260	14.340	14.410	14.337
	180	14.293	14.413	14.483	14.397
	360	14.377	14.460	14.480	14.439
التسميد الارضي	0	14.220	14.313	14.400	14.311
	180	14.263	14.393	14.490	14.382
	360	14.360	14.447	14.453	14.420
L.S.D 0.05	N.S				N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		14.296	14.394	14.453	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05	0.009				
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	14.310	14.404	14.458	14.391
	التسميد الارضي	14.281	14.384	14.448	14.371
L.S.D 0.05	N.S				0.007
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	14.240	14.327	14.405	14.324
	180	14.278	14.403	14.487	14.389
	360	14.368	14.453	14.467	14.429
L.S.D 0.05	0.016				0.009

أما التداخلات الثنائية بين طريقة الإضافة والحديد المعدني من جهة وكذلك بين طريقة الإضافة والحديد النانوي من جهة أخرى فلم يكن لها أي تأثير معنوي في متوسط هذه الصفة . بينما حقق التداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي تأثيراً معنوياً في متوسط النسبة المئوية لـ G-Sitosterol إذ تميزت النباتات المعاملة بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي بإعطائها أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 14.487 % بينما أظهرت النباتات عند معاملة السيطرة أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 14.240 % أي بزيادة مقدارها 1.7% .

وكما يتضح من الجدول نفسه أن التداخل الثلاثي بين العوامل قيد الدراسة لم يكن له أي تأثير معنوي في متوسط هذه الصفة .

7-4-4 : النسبة المئوية % لـ Stigmasterol

يلاحظ من البيانات المذكورة في جدول (45) التأثير المعنوي لطريقة الإضافة في متوسط النسبة المئوية لـ Stigmasterol في أوراق نبات المورينجا ، إذ تفوقت نباتات التسميد الورقي على نباتات التسميد الأرضي بإعطائها أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 11.108 % مقارنة بنباتات التسميد الأرضي التي سجلت أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 10.901 % ، وبنسبة زيادة مقدارها 1.9 % ، وكما أظهرت المعاملة بالحديد المعدني تأثيراً معنوياً في متوسط النسبة المئوية لـ Stigmasterol إذ أعطت المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة في الأوراق بلغ 11.088 % في حين أظهرت النباتات غير المعاملة بالحديد المعدني أدنى متوسط لهذه الصفة وصل إلى 10.898 % ، وكذلك تشير النتائج المعروضة في الجدول نفسه إلى وجود تأثير معنوي للحديد النانوي في متوسط هذه الصفة في الأوراق إذ حققت المعاملة بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 11.132 % ، وأقل متوسط لهذه الصفة حصل عند تركيز 0 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي والبالغ 10.875 % .

أما التداخلات الثنائية بين طريقة الإضافة والحديد المعدني من جهة وكذلك بين طريقة الإضافة والحديد النانوي من جهة أخرى فلم يكن لها أي تأثير معنوي في متوسط النسبة المئوية لـ Stigmasterol في الأوراق ، بينما أعطى التداخل الثنائي بين الحديد المعدني والحديد النانوي تأثيراً معنوياً في متوسط هذه الصفة إذ تميزت معاملة الحديد المعدني بتركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ والحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ بتسجيلها أعلى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 11.178 % وبالمقابل نجد أن أدنى متوسط لهذه الصفة تميزت به نباتات معاملة السيطرة والتي بلغت 10.788 % ، وبنسبة زيادة بلغت 3.6 % .

جدول 45 : تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي والتداخل بينها في النسبة المئوية لـ Stigmasterol % في أوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

طريقة الإضافة	تراكيز الحديد المعدني (ملغم.لتر$^{-1}$)	تراكيز الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)			طريقة الإضافة × الحديد المعدني
		0	180	360	
التسميد الورقي	0	10.880	10.857	11.210	10.982
	180	10.927	11.203	11.273	11.134
	360	11.137	11.240	11.243	11.207
التسميد الارضي	0	10.697	10.827	10.920	10.814
	180	10.747	10.900	11.083	10.910
	360	10.863	11.010	11.063	10.979
L.S.D 0.05	0.117				N.S
متوسط تأثير الحديد النانوي المخلبي		10.875	11.006	11.132	متوسط تأثير طريقة الإضافة
L.S.D 0.05	0.048				
طريقة الإضافة × الحديد النانوي المخلبي	التسميد الورقي	10.981	11.100	11.242	11.108
	التسميد الارضي	10.769	10.912	11.022	10.901
L.S.D 0.05	N.S				0.039
الحديد المعدني × الحديد النانوي المخلبي (ملغم.لتر$^{-1}$)					متوسط تأثير الحديد المعدني
	0	10.788	10.842	11.065	10.898
	180	10.837	11.052	11.178	11.022
	360	11.000	11.125	11.153	11.088
L.S.D 0.05	0.083				0.048

أما بالنسبة لتأثير التداخل الثلاثي في متوسط هذه الصفة فيتضح من الجدول ذاته وجود فروق معنوية بين عوامل الدراسة الثلاثة إذ تفوق التسميد الورقي بإعطائه أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 11.273 % عند التركيز 180 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي مقارنة بالتسميد الأرضي عند معاملة السيطرة والذي سجل أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 10.697 % ، وبنسبة زيادة مقدارها 5.4 % .

4 -5: تأثير طريقة الإضافة وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي وتداخلاتها في الصفات التشريحية لأوراق وسيقان نبات المورينجا

4-5-1 : تشريح الأوراق النباتية

4-5-1-1 : البشرة السفلى للأوراق

في الدراسة الحالية سجلت زيادة ملحوظة في أبعاد الخلايا الإعتيادية للبشرة أثناء المعاملة بمختلف التراكيز للحديد النانوي المخلبي والحديد المعدني ، عند معاملة النباتات بالرش على المجموع الخضري جدول (46) ولوحة (2) سجلت أعلى زيادة في متوسط طول خلايا البشرة عند

تركيز (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 41.75 مايكروميتر وعرض 17.75 مايكروميتر مقارنةً بخلايا البشرة الإعتيادية غير المعاملة والتي كانت بمتوسط طول 35.22 مايكروميتر وعرض 16.33 مايكروميتر وبنسبة زيادة بلغت 18.5 و 8.7 % ، على التوالي . أما عند المعاملة بالتسميد الأرضي جدول (47) ولوحة (1) فقد كانت الزيادة في أحجام الخلايا الإعتيادية أكثر مما سجل عند المعاملة بالرش الورقي فقد سجل أكبر زيادة في الحجم عند التسميد الأرضي بتركيز(360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ فقد كان المتوسط للأطوال 48.20 مايكروميتر وعرض الخلايا 21.80 مايكروميتر وهو أعلى حجم سجل للخلايا لجميع المعاملات ، في حين سجل أدنى متوسط لطول خلايا البشرة عند المعاملة بتركيز (0 حديد نانوي+180 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 34.36 مايكروميتر وأدنى متوسط لعرض خلايا البشرة عند تركيز (0حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 18.5 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة بلغت 40.28 % و 17.84 % ، على التوالي .

أما الثغور فقد تغايرت في عرضها وأعدادها بين التراكيز المختلفة للحديد النانوي المخلبي والمعدني وبين طريقة الإضافة للتربة أو الرش على المجموع الخضري فقد تم تسجيل أعلى متوسط لعرض الثغور عند الرش على المجموع الخضري جدول (46) عند تركيز(360حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 26.50 مايكروميتر أما بقية التراكيز فقد كانت مساوية أو أقل من عرض معاملة السيطرة . أما متوسط عرض الثغور عند المعاملة بالتسميد الأرضي جدول (47) قد تأثر معنوياً وسجل أعلى متوسط عند تركيز (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ مقداره 27.67 مايكروميتر ، في حين سجل أدنى متوسط لعرض الثغور عند المعاملة بتركيز (0حديد نانوي+180 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 20.5 مايكروميتر وبنسبة زيادة بلغت 34.98 % .

كذلك تم دراسة أعداد الثغور إذ لوحظ زيادة أعداد الثغورجدول (46) في معظم التراكيز عند الرش على المجموع الخضري وإن أعلى عدد سجل عند تركيز(360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 39 ثغراً في الحقل المجهري (40X) مقارنةً بمعاملة السيطرة التي سجلت أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 25 ثغراً وبنسبة زيادة مقدارها 56 % . أما عند المعاملة بالتسميد الأرضي فقد سجل أعلى عدد للثغور جدول(47) عند تركيز (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 38 ثغراً في حين سجل التركيز (0 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ أقل متوسط لعدد الثغور بلغ 26 ثغراً وبنسبة زيادة بلغ مقدارها 46.15 %.

أما الرش الورقي بالحديد النانوي والمعدني فقد أثر معنوياً في دليل الثغور للبشرة السفلى جدول (46) وقد سجل أعلى دليل ثغري بلغ 17.80 للتركيز (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ ، قياساً بمعاملة السيطرة التي سجلت أقل متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 10.59 وبنسبة زيادة

مقدارها 68.1 % . وقد سجل أعلى دليل ثغري للبشرة السفلى عند التسميد الأرضي جدول (47) للممعاملة بتركيز (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ فقد بلغ 20.77 في حين كان أوطأ متوسط لهذه الصفة قد سجل عند معاملة (0 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغ مقداره 9.81 ، وبنسبة زيادة بلغت 111.7 % .

أما الشعيرات فقد تم دراسة أطوالها وأعدادها وقد أعطت مؤشراً جيداً للدلالة على تأثير التراكيز المختلفة للحديد النانوي المخلبي والمعدني على النبات فقد زاد عدد الشعيرات على البشرة السفلى عند الرش الورقي لنبات المورينجا جدول (46) ولكن بمقدار قليل إذ تم تسجيل أعلى متوسط للزيادة في العدد عند تركيز (180 حديد نانوي+0 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ (5) شعيرات مقارنةً بمعاملة السيطرة التي كانت بشرتها السفلى ذات شعيرات بمتوسط بلغ (1) شعيرة . أما عند التسميد الأرضي للحديد النانوي والمعدني فأن أعلى متوسط لعدد الشعيرات في البشرة السفلى لأوراق المورينجا في الحقل المجهري جدول (47) كان عند تركيزي (180 حديد نانوي+0 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ و(360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ (4) شعيرات بينما سجل أدنى متوسط لعدد الشعيرات عند معاملة السيطرة إذ بلغ (2) شعيرة وبنسبة زيادة بلغت 100% .

ومن الملاحظ إن أعلى أعداد للشعيرات سجلت عند تركيزي (180 حديد نانوي+0 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ و (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ لكلا المعاملتين بالرش الورقي والتسميد الأرضي ولكن كان للمعاملة بالتسميد الأرضي أعلى بقليل مما كان في المعاملة بالرش الورقي لكن بشكل عام هناك زيادة في عدد الشعيرات في أغلب التراكيز للمعاملتين .

وقد تم قياس أطوال الشعيرات والتي بدورها أفادت في إعطاء مؤشر للتغييرات التشريحية بتأثير التراكيز المختلفة للحديد النانوي المخلبي والمعدني ، إذ سجل زيادة في الأطوال لمختلف التراكيز وقد أعطت أعلى متوسط لأطوال الشعيرات عند الرش الورقي للنبات جدول (46) بالمعاملة ذو التركيز (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 185 مايكروميتر مقارنة بمعاملة السيطرة التي سجلت متوسط بلغ 113 مايكروميتر وبنسبة زيادة مقدارها 63.7 % ، وقد سجلت المعاملة بالتركيز (360 حديد نانوي+0 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 98 مايكروميتر ، وبنسبة إنخفاض عن معاملة السيطرة بلغت 13.3 % . وقد سجل أعلى متوسط لأطوال الشعيرات للبشرة السفلى عند التسميد الأرضي جدول (47) عند المعاملة بالتركيز (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ مقداره 187 مايكروميتر في حين سجلت المعاملة بالتركيز (0 حديد نانوي+180 حديد معدني) أدنى متوسط إذ بلغ 97.5 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة بلغت 91.8 % .

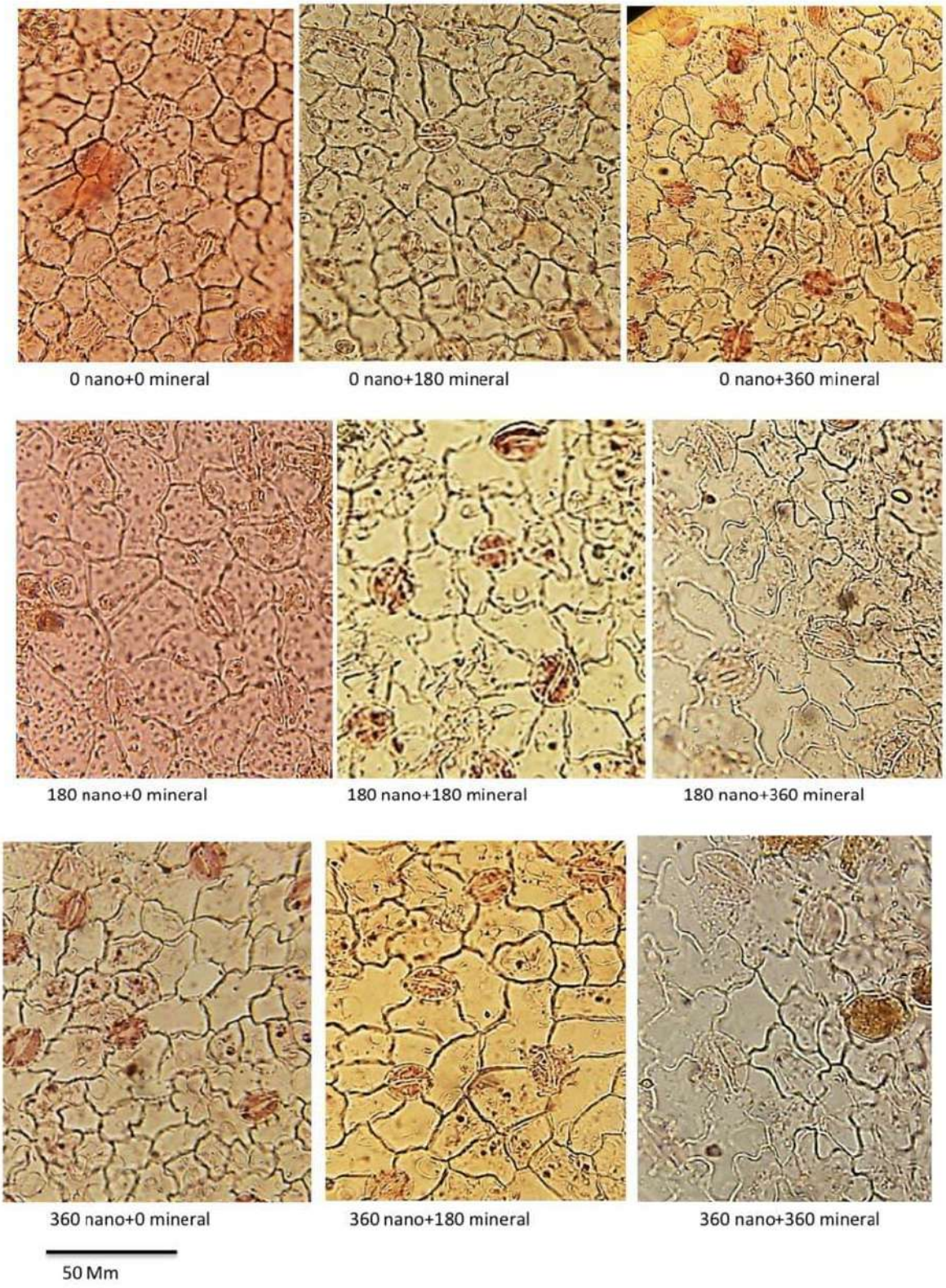
كما أظهر التداخل الثنائي بين الحديد النانوي والمعدني تأثيراً معنوياً في متوسط عدد خلايا البشرة السفلى لأوراق المورينجا عند الرش الورقي جدول (46) إذ نجد إن أعلى متوسط لهذه الصفة قد تميزت به النباتات المعاملة بالتركيز (360 حديد نانوي+0 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 252 خلية مقارنةً بمعاملة السيطرة التي سجلت متوسط لعدد الخلايا بلغ 221 خلية وبنسبة زيادة بلغت 14.03 % في حين إن أوطأ متوسط لهذه الصفة قد سجل عند معاملة (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 180 خلية ، وبنسبة إنخفاض عن معاملة السيطرة بلغت 18.55 % . أما عند التسميد الأرضي فقد سجل أعلى متوسط لعدد خلايا البشرة السفلى جدول (47) عند المعاملة بالتركيز (0حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 239 خلية مقارنةً بمعاملة السيطرة التي سجلت متوسط لعدد الخلايا بلغ 225 خلية وبنسبة زيادة بلغت 6.22 % في حين إن أوطأ متوسط لهذه الصفة قد سجل عند معاملة (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 145 خلية ، وبنسبة إنخفاض عن معاملة السيطرة بلغت 35.56 % .

جدول 46 : تأثير طريقة التسميد الورقي وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي في الصفات الكمية للبشرة السفلى لأوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

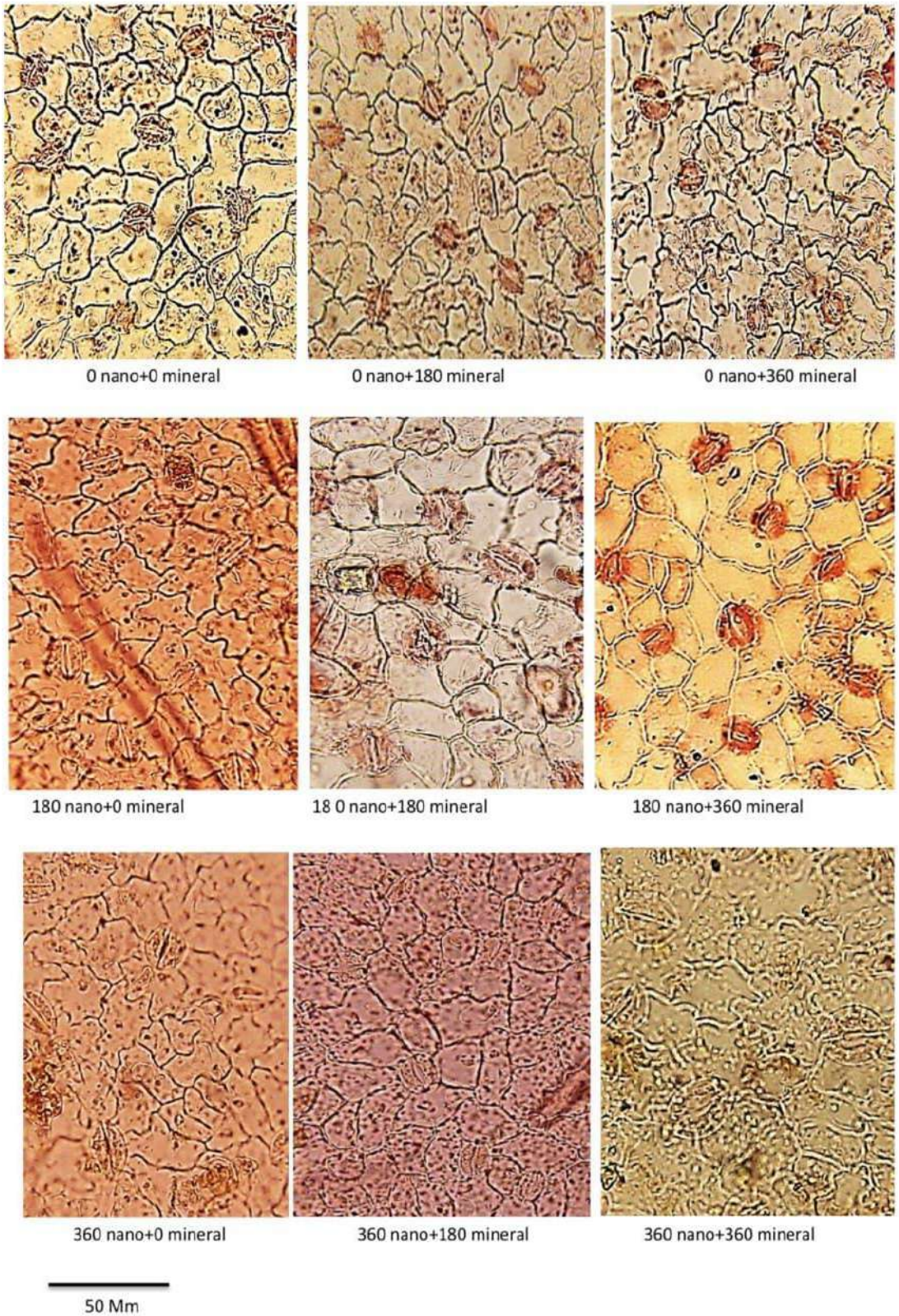
المعاملة (ملغم.لتر$^{-1}$)	عدد الثغور في الحقل المجهري (40X)	عرض الثغور (40X) مايكروميتر	دليل الثغور % 100	عدد الشعيرات في الحقل المجهري (40X)	طول الشعيرات (40X) مايكروميتر	طول خلايا البشرة (40X) مايكروميتر	عرض خلايا البشرة (40X) مايكروميتر	عدد خلايا البشرة في الحقل المجهري (40X)
(0 نانوي ، 0 معدني)	19 (25) 30	20 (22.83) 27.5	10.59	0 (1) 2	77.5 (113) 170	20 (35.22) 47.5	12.5 (16.33) 25	163 (221) 284
(0 نانوي ،180 معدني)	17 (26) 33	20 (21.5) 27.5	10.88	0 (2) 4	82.5 (113.25) 157.5	22.5 (36) 52.5	12.5 (17) 25	161 (213) 301
(0 نانوي ، 360 معدني)	25 (32) 36	17.5 (22) 27.5	12.22	0 (2) 4	82 (118) 165	22.5 (37.5) 52.5	10 (17.5) 32.5	173 (220) 317
(180 نانوي ،0 معدني)	30 (33) 40	17.5 (22.5) 27.5	12.63	3 (5) 9	142.5 (130) 215	32.5 (35) 47.5	12.5 (16.5) 30	152 (232) 266
(180 نانوي ،180 معدني)	28 (32) 39	20 (25.5) 27.5	12.85	1 (3) 5	77.5 (137) 205	25 (39.5) 42.5	12.5 (17.5) 22.5	137 (217) 345
(180 نانوي ،360 معدني)	27 (34) 44	17.5 (22.5) 27.5	12.18	2 (3) 5	60 (107) 147	22.5 (36) 45	12.5 (17.5) 27.5	164 (245) 316
(360 نانوي ،0 معدني)	27 (32) 40	20 (21) 27.5	11.27	0 (2) 3	77 (98) 165	22.5 (36.5) 42.5	12.5 (16.5) 20	171 (252) 321
(360 نانوي ،180 معدني)	27 (35) 39	17.5 (20.5) 32.5	13.36	1 (3) 6	85 (134) 250	15 (37.5) 57.5	12.5 (16.5) 22.5	160 (225) 295
(360 نانوي ،360 معدني)	27 (39) 45	20 (26.5) 30	17.80	0 (3) 5	75 (185) 245	17.5 (41.75) 57.5	12.5 (17.75) 20	137 (180) 270

جدول 47 : تأثير طريقة التسميد الأرضي وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي في الصفات الكمية للبشرة السفلى لأوراق نبات المورينجا M. oleifera .

المعاملة (ملغم.لتر$^{-1}$)	عدد الثغور في الحقل المجهري (40X)	عرض الثغور (40X) مايكروميتر	دليل الثغور % 100	عدد الشعيرات في الحقل المجهري (40X)	طول الشعيرات (40X) مايكروميتر	طول خلايا البشرة (40X) مايكروميتر	عرض خلايا البشرة (40X) مايكروميتر	عدد خلايا البشرة في الحقل المجهري (40X)
(0 نانوي ، 0 معدني)	20 (27) 32	20 (23.75) 27.5	10.71	1 (2) 6	42 (119.7) 145	17.5 (35.5) 37.5	12.5 (20.5) 25	171 (225) 263
(0 نانوي ،180 معدني)	21 (28) 35	22.5 (20.5) 32.5	11.42	1 (2) 4	54 (97.5) 151	20.5 (34.36) 42	12.5 (20.90) 25	167 (217) 258
(0 نانوي ، 360 معدني)	21 (26) 31	20 (22.5) 27.5	9.81	1 (3) 6	100 (124) 209	22.5 (35.5) 52.5	10 (18.5) 27.5	148 (239) 291
(180 نانوي ،0 معدني)	25 (30) 34	20 (25) 27.5	13.39	1 (4) 7	80 (142) 250	27.5 (40.25) 45	10 (20.5) 22.5	154 (194) 237
(180 نانوي ،180 معدني)	22 (30) 37	20 (25.5) 27.5	14.09	1 (3) 6	80 (130.5) 192.5	27.5 (42.87) 50	12.5 (20.5) 30	145 (183) 281
(180 نانوي ،360 معدني)	32 (35) 41	17.5 (26.5) 32.5	16.67	1 (3) 6	75 (136.5) 199	22.5 (45) 45	12.5 (19.5) 20	164 (175) 307
(360 نانوي ،0 معدني)	25 (28) 35	20.5 (22.5) 27.5	11.49	1 (2) 3	87.5 (183) 200	27.5 (35.5) 40	15 (19) 25	141 (231) 268
(360 نانوي ،180 معدني)	13 (35) 30	20 (27.5) 32.5	17.59	1 (3) 6	87.5 (134.25) 230	35 (46.5) 45	12.5 (20.5) 25	126 (164) 247
(360 نانوي ،360 معدني)	25 (38) 42	20 (27.67) 32.5	20.77	1 (4) 7	115 (187) 250	30 (48.2) 55	15 (21.8) 27.5	120 (145) 230



لوحة 1 : التغايرات في أبعاد خلايا البشرة السفلى لأوراق نبات المورينجا ***M. oleifera*** المعاملة بتراكيز مختلفة من الحديد المعدني والنانوي بالتسميد الأرضي



لوحة 2 : التغايرات في أبعاد خلايا البشرة السفلى لأوراق نبات المورينجا ***M. oleifera*** المعاملة بتراكيز مختلفة من الحديد المعدني والنانوي بالرش الورقي

4-5-1-2 : البشرة العليا للأوراق

تألفت البشرة العليا من نوعين من الخلايا الأولى خلايا البشرة الإعتيادية والتي تميزت بجدرانها المستقيمة أو المنحنية وبشكلها المضلع غالباً وهذا ما ميّز البشرة العليا عن السفلى بأن الخلايا كانت بجدران متموجة في البشرة السفلى ، كما تميزت البشرة العليا بخلوها من الثغور عدا بعض الثغور المتواجدة بالقرب من العروق الكبيرة والحافات والتي كانت بأعداد قليلة جداً . أما النوع الثاني من الخلايا فهي الشعيرات الأحادية الخلية .

قد تم دراسة أطوال الخلايا الإعتيادية للبشرة والتي أفادت في إعطاء تصور عن تأثير التراكيز التي أدت إلى إستطالة للخلايا وبالتالي زيادة مساحة الأوراق وزيادة المجموع الخضري للنبات إذ كانت الأستطالة للخلايا تزداد بزيادة التراكيز للحديد المعدني والنانوي المخلبي ، إذ سجل أعلى متوسط إستطالة عند المعاملة بالرش على المجموع الخضري جدول (48) ولوحة (4) بتركيز (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 47 مايكروميتر مقارنةً بمعاملة السيطرة التي سجلت أقل المتوسطات لهذه الصفة إذ بلغ مقداره 36.83 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة مقدارها 27.6% .

كذلك سجل أعلى متوسط إستطالة للخلايا جدول (49) ولوحة (3) عند تركيز (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ بطريقة التسميد الأرضي حيث بلغت أطوال الخلايا 50.4 مايكروميتر مقارنةً بمعاملة السيطرة التي سجلت أدنى متوسط بلغ 34.5 مايكروميتر وبنسبة زيادة بلغ مقدارها 46.1 % . وعموماً فقد كانت أطوال الخلايا عند المعاملة بالتسميد الأرضي أعلى منها عند المعاملة بالرش الورقي ، وبنسبة زيادة مقدارها 7.23 % .

أما عرض الخلايا عند معاملة الرش الورقي جدول (48) فقد سجل أعلى متوسط عرض لخلايا البشرة العليا للمعاملة بالتركيز (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 30 مايكروميتر مقارنةً بمعاملة السيطرة والتي سجلت أدنى متوسط بلغ (22.83) مايكروميتر ، وبنسبة زيادة بلغت 31.4 % . في حين سجل أعلى متوسط عرض لخلايا البشرة العليا جدول (49) للتسميد الأرضي عند المعاملتين (180 حديد نانوي+0 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ و (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) إذ بلغ 30.5 مايكروميتر في حين سجلت المعاملة بالتركيز (360 حديد نانوي+0 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ أقل متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 21.5 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة بلغت 41.86%.

أما أعداد الخلايا في الحقل المجهري على قوة تكبير (40X) فقد تناسب عكسياً مع حجم الخلايا فكلما زاد حجم الخلايا قل عدد الخلايا ضمن الحقل المجهري . حيث سجل أعلى متوسط لعدد الخلايا في البشرة العليا عند الرش الورقي جدول (48) للمعاملة بتركيز (180 حديد نانوي+0 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 210 خلية في حين سجلت المعاملة بتركيز (360 حديد نانوي+360 حديد

معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ مقداره 168 خلية ، وبنسبة زيادة بلغت 25 % . أما التسميد الأرضي بالمعاملة بتركيز (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ جدول (49) فقد سجل أقل متوسط لعدد خلايا البشرة العليا إذ بلغ 172 خلية مقارنة بمعاملة السيطرة التي سجلت أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 229 خلية ، وبنسبة إنخفاض بلغت 24.89 % .

كذلك تم حساب عدد الشعيرات في الحقل المجهري على قوة تكبير (40X) والتي كانت أعدادها عموماً على البشرة العليا أكثر من أعدادها على البشرة السفلى . كما إن أعداد الشعيرات على البشرة العليا قل بإزدياد التراكيز للحديد النانوي المخلبي والمعدني على العكس مما وجدناه على البشرة السفلى وبالخصوص عند المعاملة بالرش الورقي إذ قل عدد الشعيرات لمعظم التراكيز جدول (48) حيث سجل أعلى متوسط لعدد الشعيرات للبشرة العليا عند التركيز (0 حديد نانوي+180 حديد معدني)ملغم.لتر$^{-1}$ الذي بلغ 10 شعيرات مقارنةً مع عدد شعيرات معاملة السيطرة البالغ 9 شعيرات ، وبنسبة زيادة بلغت 11.11 % ، في حين سجل أدنى متوسط لعدد الشعيرات عند التركيزين (360 نانوي+0 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ و (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ حيث بلغ مقداره فيهما 4 شعيرات مقارنةً بمعاملة السيطرة وبنسبة إنخفاض بلغت 55.6 % . أما عند المعاملة بالتسميد الأرضي فأن عدد الشعيرات قل مع زيادة التراكيز جدول (49) عدا التركيزين (0 حديد نانوي+180 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ و (360 حديد نانوي+180 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ فقد زاد متوسط عدد الشعيرات فيهما إذ بلغ 14 شعيرة مقارنةً مع معاملة السيطرة البالغ عددها 10 شعيرة ، وبنسبة زيادة مقدارها 40 % . في حين سجل أدنى متوسط لهذه الصفة عند المعاملتين بتركيز (0 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ و(180 حديد نانوي+0 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 4 شعيرات وبنسبة إنخفاض عن معاملة السيطرة بلغت 60 % .

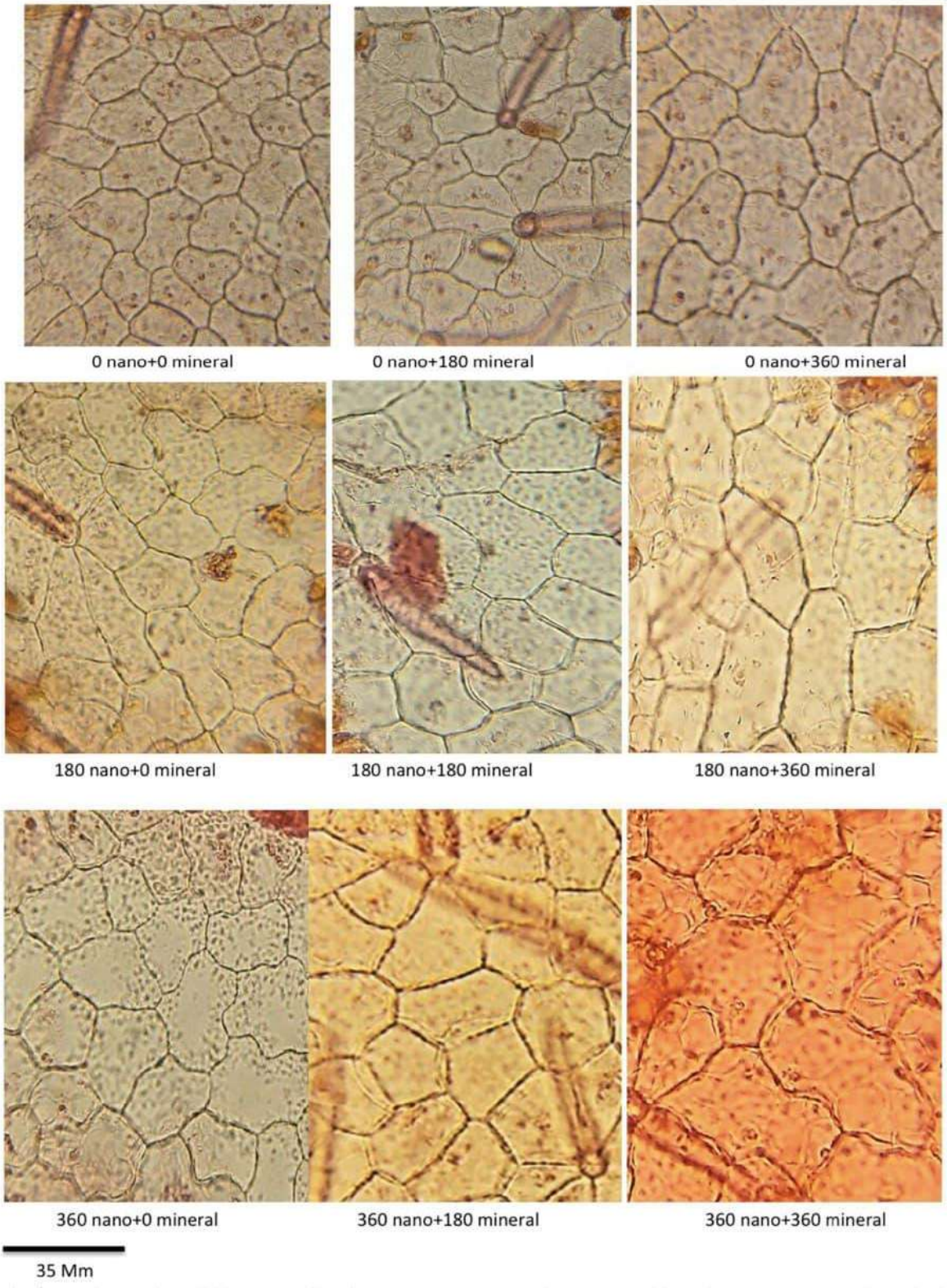
أما أطوال الشعيرات فقد إزدادت بإزدياد تراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي إذ سجلت أعلى الأطوال عند المعاملة بالرش الورقي جدول (48) فكانت عند تركيز (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغ 144.75 مايكروميتر مقارنة بمعاملة السيطرة التي سجلت متوسط بلغ مقداره 85 مايكروميتر وبنسبة زيادة بلغت 70.3 % . في حين سجل أقل متوسط لهذه الصفة عند التركيز (180 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 70 مايكروميتر ، وبنسبة إنخفاض عن معاملة السيطرة بلغت 17.65 % . أما أعلى متوسط لأطوال الشعيرات عند المعاملة بالتسميد الأرضي جدول (49) عند التركيز (360 حديد نانوي+180 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغ 175 مايكروميتر في حين سجلت المعاملة بتركيز (0 حديد نانوي+180 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ مقداره 88.75 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة مقدارها 97.2 % .

جدول 48 : تأثير طريقة التسميد الورقي وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي في الصفات الكمية للبشرة العليا لأوراق نبات المورينجا M. oleifera

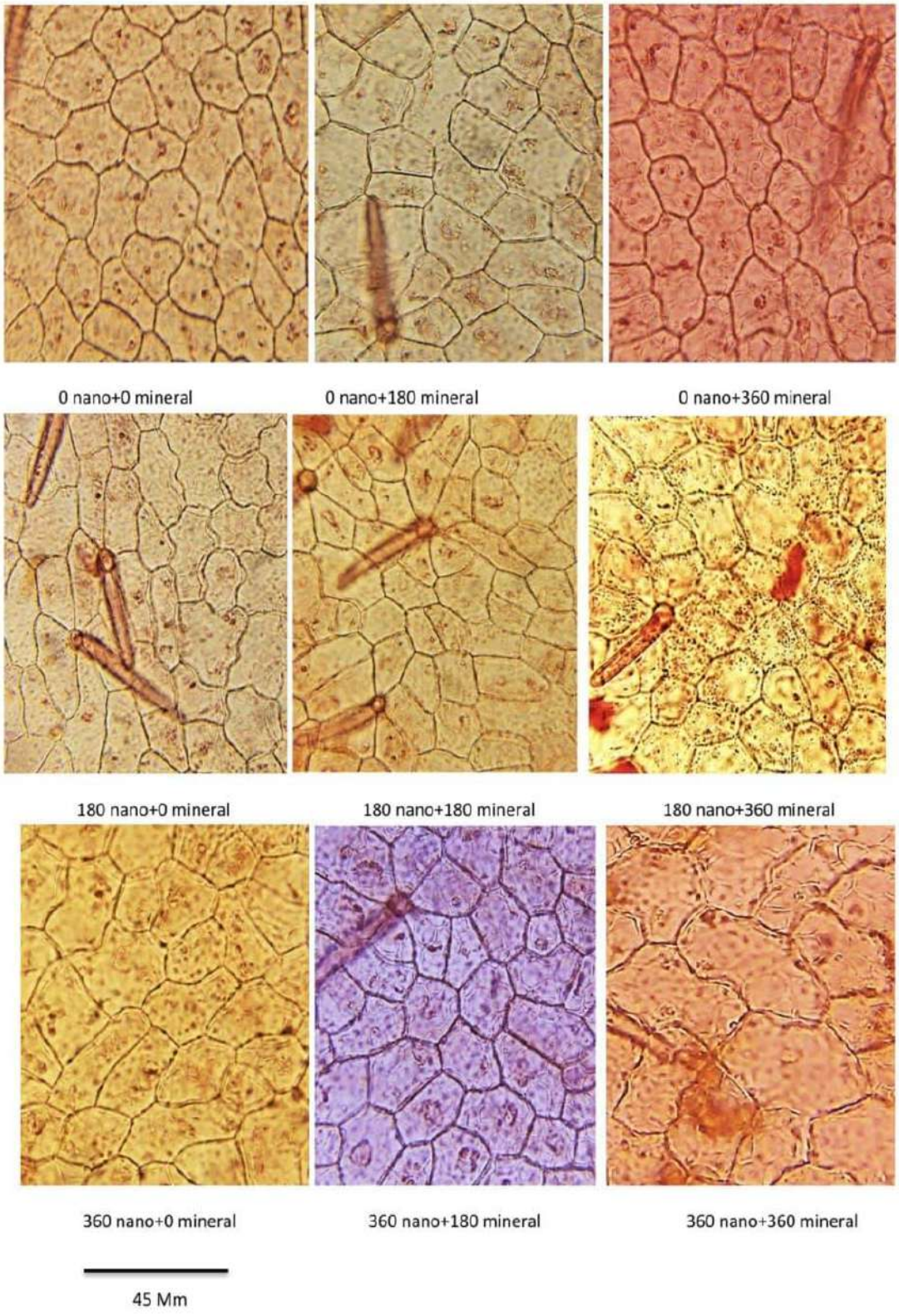
المعاملة (ملغم.لتر$^{-1}$)	عدد الشعيرات في الحقل المجهري (40X)	طول الشعيرات (40X) مايكروميتر	طول خلايا البشرة (40X) مايكروميتر	عرض خلايا البشرة (40X) مايكروميتر	عدد خلايا البشرة في الحقل المجهري (40X)
(0 نانوي ، 0 معدني)	7 (9) 13	60 (85) 117.5	25 (36.83) 42	17.5 (22.83) 27.5	161 (206) 296
(0 نانوي ،180 معدني)	6 (10) 13	55 (89) 110	22.5 (41) 57.5	17.5 (26.5) 42.5	168 (180) 206
(0 نانوي ، 360 معدني)	4 (7) 10	90 (113) 155	35 (41.7) 50	20 (27) 42.5	158 (178) 199
(180 نانوي ،0 معدني)	5 (9) 13	67.5 (90.5) 117.5	30 (37.5) 50	17.5 (23.5) 37.5	128 (210) 225
(180 نانوي ،180 معدني)	3 (7) 8	60 (89) 102.5	27.5 (38) 55	12.5 (25) 32	153 (195) 254
(180 نانوي ،360 معدني)	6 (8) 12	25.5 (70) 115	30 (40.5) 62.5	20 (23) 37	163 (184) 218
(360 نانوي ،0 معدني)	2 (4) 7	40 (72.25) 125	30 (41) 55	22.5 (25) 35	151 (187) 216
(360 نانوي ،180 معدني)	6 (8) 11	82.5 (131) 192.5	35 (39.5) 50.5	22.5 (25) 32.5	160 (195) 219
(360 نانوي ،360 معدني)	2 (4) 7	60.5 (144.75) 178.5	30 (47) 62.5	22.5 (30) 37.5	150 (168) 193

جدول 49 : تأثير طريقة التسميد الأرضي وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي في الصفات الكمية للبشرة العليا لأوراق نبات المورينجا *M. oleifera*

المعاملة (ملغم.لتر$^{-1}$)	عدد الشعيرات في الحقل المجهري (40X)	طول الشعيرات (40X) مايكروميتر	طول خلايا البشرة (40X) مايكروميتر	عرض خلايا البشرة (40X) مايكروميتر	عدد خلايا البشرة في الحقل المجهري (40X)
(0 نانوي ، 0 معدني)	6 (10) 17	65 (95.4) 130	17.5 (34.5) 42.5	12.5 (22.5) 25	168 (229) 306
(0 نانوي ،180 معدني)	10 (14) 19	67 (88.75) 105	25 (35.75) 47.5	15 (23) 27.5	142 (205) 252
(0 نانوي ، 360 معدني)	2 (4) 6	65 (98.75) 130	27.5 (37.5) 47.5	15 (22.5) 27.5	165 (198) 276
(180 نانوي ،0 معدني)	2 (4) 6	57.5 (103.75) 120	27.5 (42) 52.5	22.5 (30.5) 37.5	160 (182) 203
(180 نانوي ،180 معدني)	3 (5) 6	60 (101.5) 117	25 (43.5) 47.5	12.5 (26.5) 37.5	175 (179) 228
(180 نانوي ،360 معدني)	5 (9) 11	77.5 (120.25) 150	20 (45.75) 50	17.5 (25.5) 30	183 (195) 237
(360 نانوي ،0 معدني)	4 (7) 10	65 (99) 180	30 (36.5) 50	15 (21.5) 30	171 (208) 235
(360 نانوي ،180 معدني)	7 (14) 19	70 (175) 250	32.5 (47) 57.5	17.5 (27) 35	168 (180) 220
(360 نانوي ،360 معدني)	2 (5) 7	65 (164.5) 200	35 (50.4) 65	17.5 (30.5) 37.5	150 (172) 206



لوحة 3 : التغايرات في أبعاد خلايا البشرة العليا لأوراق نبات المورينجا ***M. oleifera*** المعاملة بتراكيز مختلفة من الحديد المعدني والنانوي بالتسميد الأرضي



لوحة 4 : التغايرات في أبعاد خلايا البشرة العليا لأوراق نبات المورينجا ***M. oleifera*** المعاملة بتراكيز مختلفة من الحديد المعدني والنانوي بالرش الورقي

2-5-4 : تشريح الساق Stem Anatomy

تألفت المقاطع المستعرضة لساق نبات المورينجا من الخارج بطبقة واحدة من خلايا البشرة والتي تكون ذات شكل بيضوي بالمقطع المستعرض ذات طبقة كيوتكل على جدرانها الخارجية إزدادت سمكاً بزيادة تراكيز الحديد النانوي والحديد المعدني المضافة ، يليها طبقة القشرة التي تتميز إلى عدة طبقات منها طبقة النسيج تحت البشرة والذي يتكون من خلايا بارنكيمية تراوحت بين طبقة واحدة إلى عدة طبقات من صفوف الخلايا وتزداد الصفوف بزيادة تراكيز الحديد النانوي والمعدني المضافة يليها النسيج الكلورنكيمي الذي يتألف من عدة طبقات من خلايا بارنكيمية مليئة بالبلاستيدات الخضر يليها النسيج الكولنكيمي الذي يتألف من عدة طبقات من الخلايا وبعد هذا النسيج لوحظت أعمدة من النسيج السكلرنكيمي بهيئة حزام متقطع يحيط بالإسطوانة الوعائية الذي تألف من ألياف السكلرنكيما ، وبعد حزام السكلرنكيما لوحظ نسيج اللحاء ويكون بهيئة خلايا غير منتظمة الشكل بعده يتواجد نسيج الكامبيوم أو النسيج المولد الذي يتصف بإنتظام خلايا نسيجه المستطيلة الشكل ورقيقة الجدران . ثم يلاحظ بعده مباشرة نسيج الخشب بمختلف خلاياه من أوعية الخشب والقصيبات والألياف والخلايا المرافقة وكانت الأوعية القريبة من الكامبيوم أطول قطراً مما هي في الأوعية القريبة من اللب والأخير يتألف من خلايا بارانكيمية رقيقة الجدران ذات أشكال مضلعة . صورة (7) .

لقد تغايرت أنسجة مقطع الساق بسمكها بين معاملات التسميد المختلفة وطريقة إضافتها لنبات المورينجا ، فبدأً بالبشرة فقد زاد سمك البشرة عند التراكيز العالية من الحديد النانوي والمعدني المضافة مقارنةً بمعاملة السيطرة فعند المعاملة بالرش الورقي جدول (50) ولوحة (5) بلغ أعلى متوسط سمك للبشرة 30 مايكروميتر عند التراكيز (180 حديد نانوي+180 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ و(180حديد نانوي+360حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ و(360 حديد نانوي+360 حديد معدني)ملغم.لتر$^{-1}$ وتعد زيادة كبيرة بالسمك مقارنةً ببنباتات معاملة السيطرة التي سجلت أقل متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 17 مايكروميتر وبنسبة زيادة بلغت 76.47 % . أما عند التسميد الأرضي جدول (51) ولوحة (6) فقد كانت الزيادة في سمك بشرة الساق أكبر مما في حالة الرش الورقي إذ بلغ أعلى متوسط 40 مايكروميتر عند المعاملة بالتركيز (360 حديد نانوي+360حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ ، مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة التي سجلت أدنى متوسط البالغ 16 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة مقدارها 150 % .

كذلك الحال لسمك نسيج تحت البشرة الذي تراوح من طبقة واحدة أو صف واحد من الخلايا في نباتات معاملة السيطرة والبالغ سمكها (16-18) مايكروميتر بينما لوحظ زيادة بسمك النسيج بزيادة تركيز الحديد النانوي والمعدني المضاف للنبات سواء بطريقة الرش الورقي أو التسميد الأرضي ، ولوحظ بأن سمك النسيج تحت البشرة عند التسميد الأرضي كان بمتوسطات أكبر في

السمك مما هو في طريقة الرش الورقي ، حيث عند الرش الورقي جدول (50) فقد سجل أعلى متوسط سمك تحت البشرة إذ بلغ 130 مايكروميتر عند التراكيز (180حديد نانوي+180حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ و(180 حديد نانوي+ 360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ و(360 حديد نانوي+180 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ و(360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ ، مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة والتي سجلت أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ 16 مايكروميتر، وبنسبة زيادة مقدارها 712.5 % .

وقد سجل أعلى متوسط للسمك بطريقة التسميد الأرضي جدول (51) عند التركيز (360حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ (150) مايكروميتر ، بينما سجلت نباتات معاملة السيطرة أدنى متوسط لسمك النسيج تحت البشرة الذي بلغ 18 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة بلغت 733.3 % . كذلك هو الحال للنسيج الكلورنكيمي فقد زاد سمك النسيج بزيادة تراكيز الحديد النانوي والمعدني وكانت الزيادة أعلى عند الرش الورقي التي كانت الزيادة بسمك النسيج الكلورنكيمي أضعاف مضاعفة عن سمك نباتات معاملة السيطرة ولكن عموماً أقل مما كان بطريقة التسميد الأرضي ، فقد بلغ أعلى متوسط لسمك النسيج الكلورنكيمي جدول (50) إذ بلغ 150 مايكروميتر عند المعاملة بالتراكيز (180حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ و(360حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ بينما سجلت معاملة السيطرة أقل متوسط إذ بلغ 30 مايكروميتر وبنسبة زيادة 400 % . أما في حالة التسميد الأرضي جدول (51) فقد سجل أعلى متوسط سمك للنسيج بلغ مقداره 200 مايكروميتر عند التركيز (360حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ بينما سجل أقل متوسط لهذه الصفة مع نباتات معاملة السيطرة إذ بلغ 30 مايكروميتر وبنسبة زيادة بلغت 566.67 % . وكان سمك النسيج الكولنكيمي عند الرش الورقي جدول (50) فقد كان أكبر متوسط سمك عند التركيز (180حديد نانوي+360 حديد معدني)ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 300 مايكروميتر ، بينما سجلت نباتات معاملة السيطرة أدنى متوسط سمك للنسيج الكولنكيمي إذ بلغ 90 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة بلغت 233.33 % . كما سجل زيادة في سمك النسيج الكولنكيمي وكما في الأنسجة السابقة فأن الزيادة عند التسميد الأرضي جدول (51) كانت أكبر مما في المعاملة بالرش الورقي وقد سجل أعلى متوسط سمك عند التركيز (360 حديد نانوي+360 حديد معدني ملغم.لتر$^{-1}$) البالغ 350 مايكروميتر مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة البالغة 85 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة مقدارها 311.76 % . ويلي النسيج الكولنكيمي النسيج السكلرنكيمي والذي هو الآخر زاد في السمك بزيادة التراكيز للحديد النانوي والحديد المعدني عند المعاملة بالرش الورقي جدول (50) وكان أكبر متوسط لسمك النسيج سجل عند التركيز (360 حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 600 مايكروميتر ، بينما سجل أقل متوسط سمك بلغ مقداراً 210 مايكروميتر مع نباتات معاملة السيطرة (التي لم ترش بأي

من السمادين) وبنسبة زيادة بلغت 185.7 % . أما عند إستعمال التسميد الأرضي فكانت الزيادة في سمك النسيج السكلرنكيمي جدول (51) أكبر مما هي عليه عند الرش الورقي حيث بلغ أكبر متوسط سمك للنسيج عند التركيز(360 حديد نانوي+360حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ بطريقة الإضافة الأرضية والذي بلغ 700 مايكروميتر مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة التي سجلت أدنى متوسط للسمك النسيج إذ بلغ 230 مايكروميتر ، بنسبة زيادة مقدارها 204.35 % . وبالإنتقال إلى سمك نسيج اللحاء قد زاد سمكه أكثر من خمسة أضعاف عما هو عليه في نباتات معاملة السيطرة وذلك عند التراكيز العالية لكلا المعاملتين بالتسميد الأرضي والرش الورقي ولكن كان أكبر سمكاً عند التسميد الأرضي مما هو عليه بالرش الورقي ، إذ عند المعاملة بالرش الورقي جدول (50) قد بلغ أعلى متوسط سمك عند التركيزين (180حديد نانوي+360حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ و(360 حديد نانوي+360حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغ 400 مايكروميتر لكليهما ، مقارنةً بمعاملة السيطرة البالغ متوسط سمك اللحاء فيها 76 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة مقدارها 426.32 % . أما نسيج اللحاء عند المعاملة بالتسميد الأرضي جدول (51) بتركيز(360 حديد نانوي +360حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ فقد سجل أعلى متوسط سمك إذ بلغ مقداراً 430 مايكروميتر ، مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة البالغ متوسط سمك لحائها 80 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة بلغت 437.5 % . يأتي نسيج اللحاء بعد النسيج المولد أو نسيج الكامبيوم وهو نسيج مرستيمي مهم يقوم بوظيفة توليد خلايا مختلف الأنسجة لمقطع الساق ، وقد سجلت الدراسة الحالية إزدياداً في سمك نسيج الكامبيوم بزيادة تراكيز إضافة الحديد النانوي والحديد المعدني ، إذ سجل أعلى متوسط سمك للنسيج الكامبيومي عند الرش الورقي جدول (50) فقد كان أكبر متوسط سمك فيه عند التركيز (180حديد نانوي+0حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ و(360حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغ 250 مايكروميتر لكليهما وهو خمسة أضعاف متوسط سمكه في نباتات معاملة السيطرة البالغة 50 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة بلغت 400 % . كما سجل أعلى متوسط سمك عند تركيز (360حديد نانوي+360 حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ بطريقة التسميد الأرضي جدول (51) إذ بلغ متوسط السمك 370 مايكروميتر وهو أكبر بمقدار ستة أضعاف سمك نسيج معاملة السيطرة البالغ 60 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة بلغت 516.67 % . يلي نسيج الكامبيوم نسيج الخشب إذ يلاحظ بأن أكبر متوسط سمك لنسيج الخشب للنباتات المعاملة بطريقة الرش الورقي جدول (50) فقد كان أكبر متوسط سمك عند تركيز (360حديد نانوي+360حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغ 3500 مايكروميتر مقارنةً بمتوسط سمك النسيج في نباتات معاملة السيطرة الذي سجلت أقل متوسط لسمك الخشب إذ بلغ 360 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة مقدارها 872.2 % . أما عند إستعمال التسميد الأرضي عند تركيز(360حديد نانوي+360حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ جدول (51) فأعطت

أعلى متوسط سمك لنسيج الخشب إذ بلغ 4600 مايكروميتر ، مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة التي سجلت أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 380 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة 1110.53 % .

ويلاحظ في نسيج الخشب إن الزيادة في السمك كانت ناتجة عن زيادة في عدد صفوف الخلايا للنسيج كذلك الزيادة في حجم الخلايا ويلاحظ ذلك جلياً عن طريق قياس أقطار أوعية الخشب والتي وصلت أقصاها عند التراكيز العالية من الحديد النانوي والمعدني المعامل بها النباتات فقد سجل أكبر متوسط قطر للوعاء الخشبي عند تركيز(360حديد نانوي+360حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ للنباتات المعاملة بالتسميد الورقي جدول (50) إذ بلغ متوسط الأقطار 250 مايكروميتر ، مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة البالغ قطرها 70 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة مقدارها 257.14 % . أما أقطار أوعية الخشب في النباتات المعاملة بالتسميد الأرضي جدول (51) فقد سجل أعلى متوسط للقطر عند التركيز(360حديد نانوي+360حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 270 مايكروميتر ، مقارنة بنباتات معاملة السيطرة التي سجلت أقل متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 80 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة بلغت 237.5 % .

أما اللب فقد إزداد متوسط قطره بزيادة تراكيز الحديد النانوي والحديد المعدني المضافة لنبات المورينجا عند المعاملة بالرش الورقي جدول (50) فقد كان أكبر قطر للب عند التراكيز (180حديد نانوي+360حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ و(360حديد نانوي+360حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ (5500) مايكروميتر لكليهما ، مقارنةً مع نباتات معاملة السيطرة التي سجلت أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ (3700) مايكروميتر ، وبنسبة زيادة بلغ مقدارها 48.65 % .وقد سجلت أكبر متوسطات أقطار اللب عند تركيز (360حديد نانوي+360حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ والبالغة (5800) مايكروميتر وذلك عند المعاملة بطريقة التسميد الأرضي جدول (51) ، مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة والتي سجلت أدنى متوسط لقطر اللب إذ بلغ مقداره 3600 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة بلغ مقدارها 61.1 % .

تم دراسة التراكيب السطحية الموجودة على سطح الساق والمتمثلة بالشعيرات التي إتصفت بكونها متعددة الخلايا والتي كلما زاد طولها زادت الخلايا المكونة للشعيرة وقد أعطت مؤشراً جيداً لقياس مدى فعالية التراكيز للحديد النانوي والمعدني المضافة للنباتات المعاملة سواء بالإضافة الأرضية أو الرش الورقي ، فقد سجل أعلى متوسط لأطوال الشعيرات عند المعاملة بالرش الورقي جدول (50) عند تركيز(360حديد نانوي+ 360حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ إذ بلغ 460 مايكروميتر ، مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة التي أعطت أدنى متوسط لهذه الصفة إذ بلغ 180 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة بلغ مقدارها 155.56 % . وقد سجل أعلى متوسط لأطوال الشعيرات عند تركيز (360حديد نانوي+360حديد معدني) ملغم.لتر$^{-1}$ مع التسميد الأرضي جدول (51) والبالغ 500

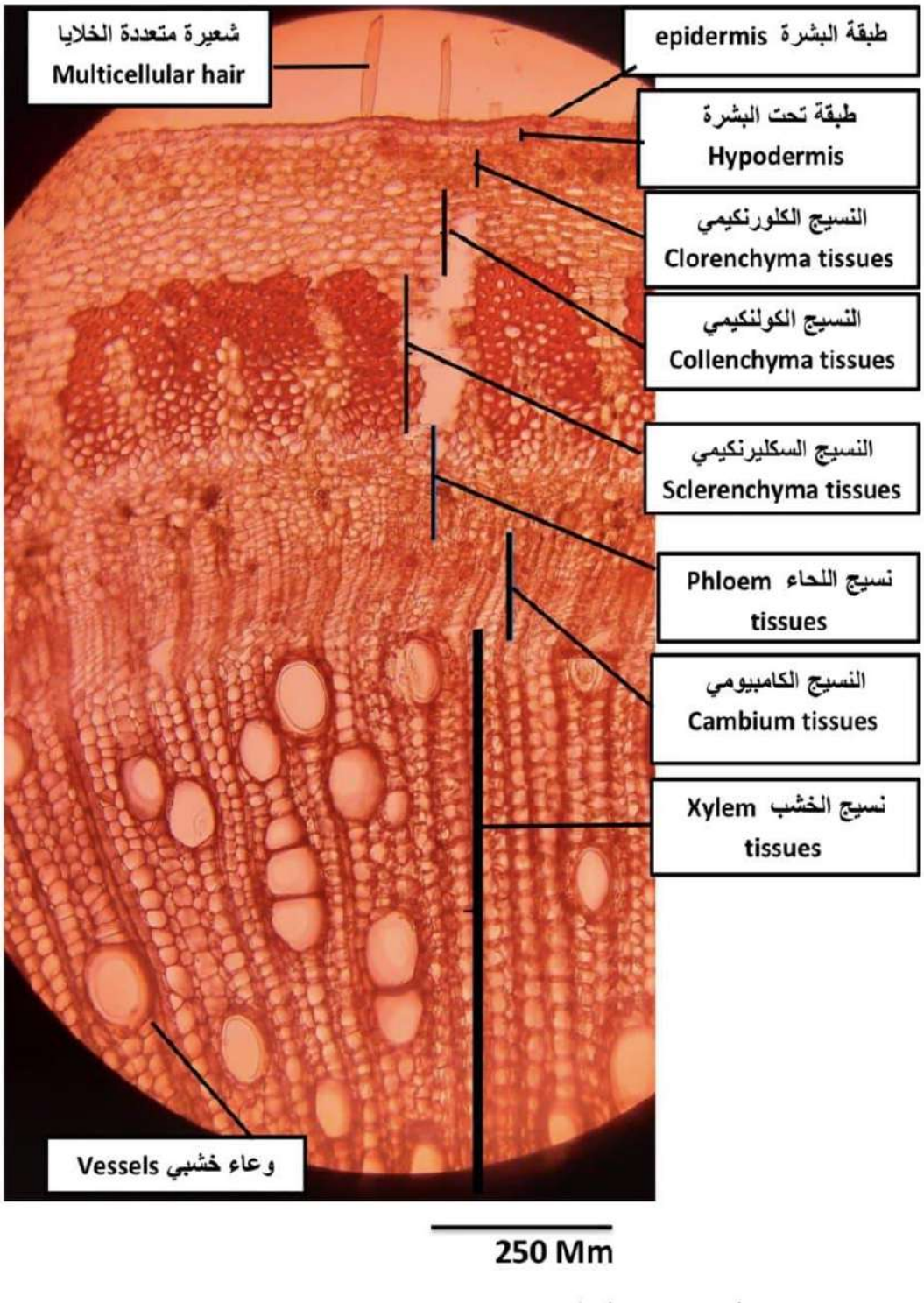
مايكروميتر ، مقارنةً بنباتات معاملة السيطرة التي سجلت أقل متوسط لهذه الصفة الذي بلغ 160 مايكروميتر ، وبنسبة زيادة بلغت 212.5 % .

جدول 50 : تأثير طريقة التسميد الورقي وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي في الصفات الكمية لأنسجة ساق نبات المورينجا *M. oleifera*

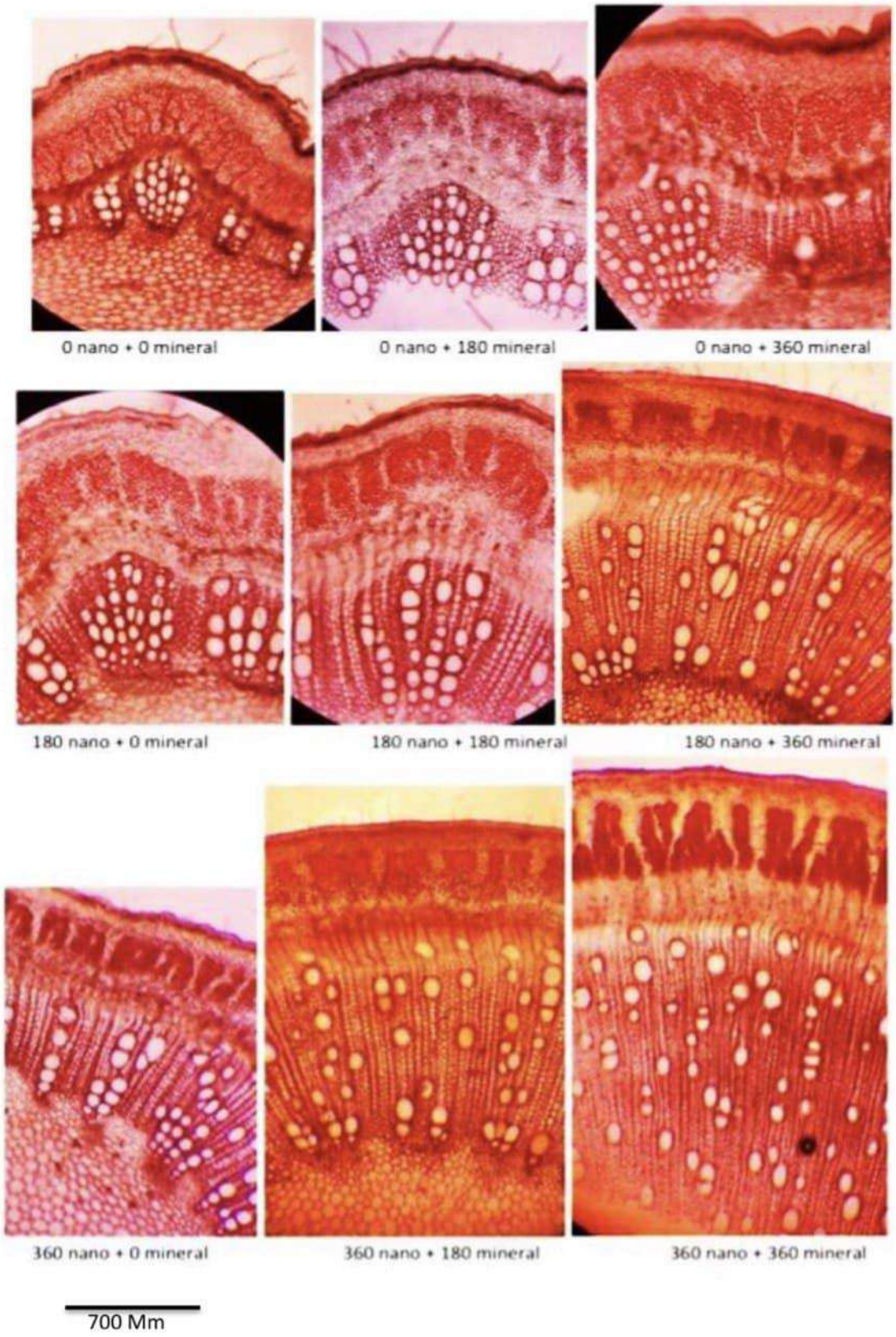
المعاملة (ملغم.لتر$^{-1}$)	سمك البشرة µm (10X)	سمك تحت البشرة µm (10X)	سمك النسيج الكلورنكيمي µm (10X)	سمك النسيج الكولنكيمي µm (10X)	سمك نسيج سكلرنكيمي µm (10X)	سمك نسيج اللحاء µm (10X)	سمك نسيج الكامبيوم µm (10X)	سمك نسيج الخشب µm (10X)	قطر الوعاء الخشبي µm (10X)	قطر اللب µm (10X)	طول الشعيرات µm (10X)
(0 نانوي ، 0 معدني)	15 (17) 25	15 (16) 25	20 (30) 40	60 (90) 120	170 (210) 320	50 (76) 110	40 (50) 80	290 (360) 450	60 (70) 90	3500 (3700) 4000	100 (180) 270
(0 نانوي ، 180 معدني)	20 (26) 30	20 (28) 30	30 (50) 80	100 (190) 240	200 (330) 370	90 (170) 270	70 (130) 170	370 (460) 540	70 (90) 110	3900 (4300) 5000	160 (210) 360
(0 نانوي ، 360 معدني)	22 (29) 33	100 (120) 130	50 (70) 100	120 (180) 270	300 (350) 400	200 (250) 310	150 (200) 270	1800 (2000) 2400	150 (180) 200	4500 (4800) 5200	250 (320) 410
(180 نانوي ، 0 معدني)	20 (26) 30	80 (110) 130	40 (60) 90	100 (120) 210	350 (400) 450	150 (180) 230	200 (250) 300	1500 (1900) 2400	150 (180) 200	4000 (4500) 4800	180 (240) 300
(180 نانوي ، 180 معدني)	25 (30) 34	100 (130) 140	80 (100) 130	170 (200) 250	450 (500) 550	300 (350) 400	150 (200) 240	2300 (2500) 2800	200 (230) 270	2300 (4500) 5000	200 (250) 300
(180 نانوي ، 360 معدني)	25 (30) 35	100 (130) 135	120 (150) 200	250 (300) 350	500 (550) 600	350 (400) 430	200 (220) 250	2300 (2600) 3000	200 (240) 260	5000 (5500) 6000	200 (260) 300
(360 نانوي ، 0 معدني)	20 (25) 30	70 (100) 140	50 (80) 100	90 (110) 220	320 (410) 450	170 (200) 250	200 (230) 300	1000 (1600) 2200	150 (200) 220	3800 (4300) 4700	150 (200) 270
(360 نانوي ، 180 معدني)	25 (27) 30	100 (130) 140	110 (140) 170	160 (200) 250	500 (570) 630	300 (340) 410	130 (160) 200	3000 (3200) 3500	200 (230) 250	4200 (4600) 5000	310 (360) 420
(360 نانوي ، 360 معدني)	25 (30) 40	100 (130) 150	100 (150) 200	180 (200) 300	550 (600) 640	350 (400) 430	170 (250) 300	3300 (3500) 4000	200 (250) 270	4700 (5500) 6000	380 (460) 500

جدول 51 : تأثير طريقة التسميد الأرضي وتراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي في الصفات الكمية لأنسجة ساق نبات المورينجا *M. oleifera*

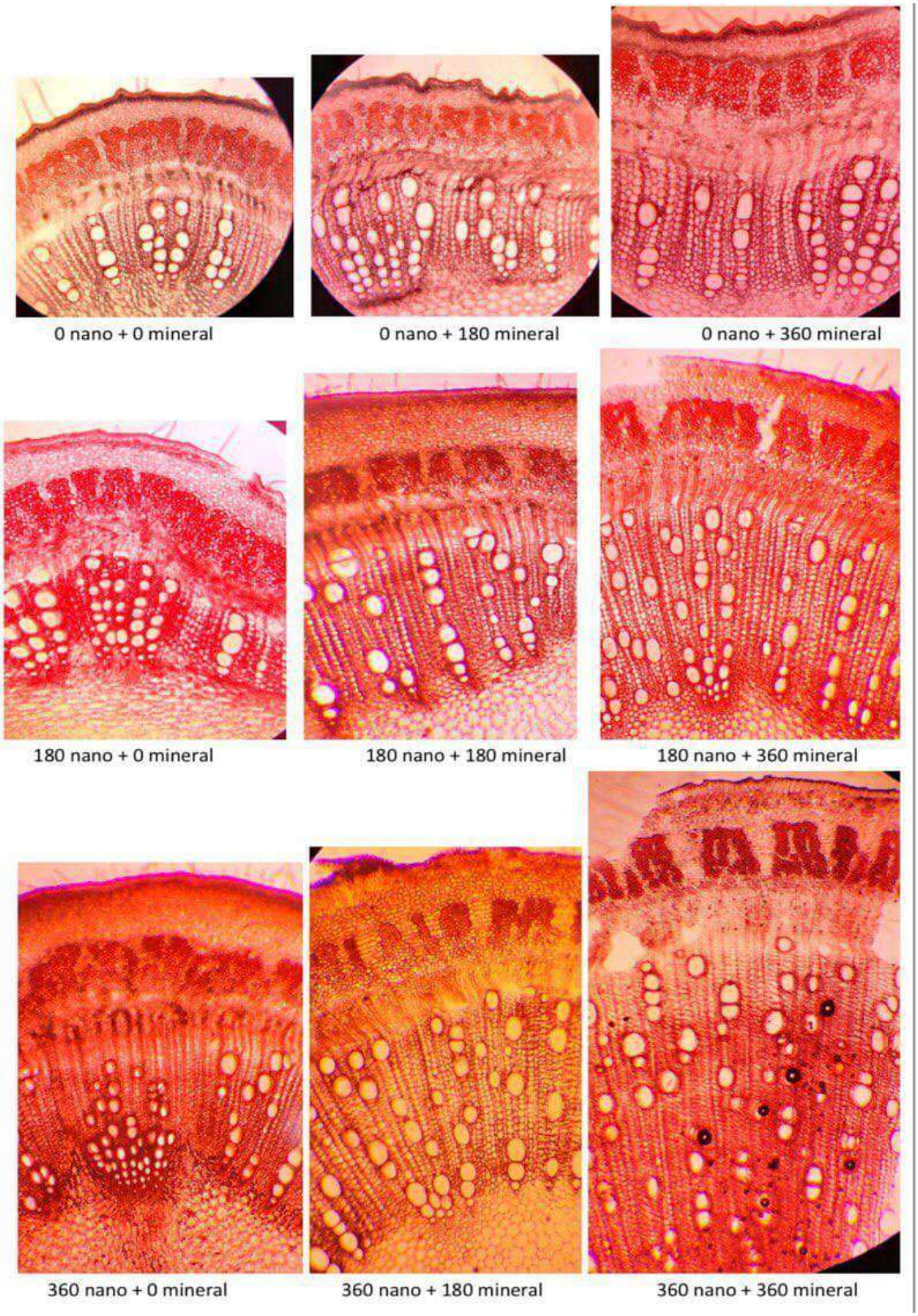
المعاملة (ملغم.لتر$^{-1}$)	سمك البشرة µm (10X)	سمك تحت البشرة µm (10X)	سمك النسيج الكلورنكيمي µm (10X)	سمك النسيج الكولنكيمي µm (10X)	سمك نسيج سكلرنكيمي µm (10X)	سمك نسيج اللحاء µm (10X)	سمك نسيج الكامبيوم µm (10X)	سمك نسيج الخشب µm (10X)	قطر الوعاء الخشبي µm (10X)	قطر اللب µm (10X)	طول الشعيرات µm (10X)
(0 نانوي ، 0 معدني)	15 (16) 25	15 (18) 25	20 (30) 40	70 (85) 120	200 (230) 330	50 (80) 90	40 (60) 80	320 (380) 450	50 (80) 90	3400 (3600) 4000	120 (160) 270
(0 نانوي ، 180 معدني)	15 (17) 25	15 (19) 25	20 (40) 50	90 (120) 140	240 (300) 320	100 (140) 230	80 (100) 120	510 (660) 750	100 (120) 140	3500 (4200) 4400	140 (220) 570
(0 نانوي ، 360 معدني)	20 (25) 30	80 (100) 150	50 (70) 90	130 (150) 180	300 (360) 410	220 (250) 270	170 (200) 230	2000 (2400) 3000	150 (180) 220	4500 (4800) 5000	320 (350) 400
(180 نانوي ، 0 معدني)	20 (23) 27	90 (110) 120	65 (80) 100	130 (160) 180	390 (430) 450	250 (270) 300	150 (180) 200	1800 (2200) 2500	120 (160) 200	3300 (3700) 4000	300 (360) 410
(180 نانوي ، 180 معدني)	20 (26) 30	100 (130) 150	40 (70) 100	100 (140) 160	380 (410) 430	200 (220) 250	170 (200) 240	2800 (3000) 3400	160 (250) 280	3700 (4000) 4300	240 (300) 360
(180 نانوي ، 360 معدني)	25 (30) 40	130 (140) 145	120 (150) 180	250 (300) 330	530 (570) 600	320 (350) 400	200 (220) 270	3200 (3500) 3700	170 (230) 250	5300 (5700) 5800	300 (350) 420
(360 نانوي ، 0 معدني)	25 (30) 35	100 (130) 140	80 (100) 120	170 (200) 250	400 (450) 500	200 (250) 300	150 (190) 220	2500 (2800) 3200	130 (180) 200	4700 (5000) 5200	200 (280) 330
(360 نانوي ، 180 معدني)	30 (35) 40	130 (140) 150	100 (130) 150	250 (280) 300	560 (590) 600	300 (350) 370	150 (230) 250	3200 (3500) 4000	150 (250) 270	5000 (5500) 5700	270 (300) 350
(360 نانوي ، 360 معدني)	30 (40) 45	145 (150) 155	180 (200) 230	320 (350) 390	660 (700) 720	400 (430) 460	320 (370) 400	4300 (4600) 5000	250 (270) 300	4800 (5800) 6000	410 (500) 530



صورة 7 : أنــواع الأنسجة في مقطع الساق لنبات المورينجا *M. oilefera*



لوحة 5 : التغايرات في أبعاد أنسجة المقاطع المستعرضة للساق بعد العقدة 19 لنبات المورينجا ***M. oleifera*** عند المعاملة بتراكيز مختلفة من الحديد المعدني والنانوي بطريقة الرش الورقي .



700 Mm

لوحة 6 : التغايرات في أبعاد أنسجة المقاطع المستعرضة للساق بعد العقدة 19 لنبات المورينجا ***M. oleifera*** عند المعاملة بتراكيز مختلفة من الحديد المعدني والنانوي بطريقة التسميد الأرضي .

الفصل الخامس

المناقشة

Discussion

5 - المناقشة :Discussion

5 – 1 : تأثير طريقة الإضافة (التسميد الورقي والأرضي) لسماد الحديد المعدني والنانوي المخلبي في بعض صفات النمو الخضري والجذري والمؤشرات الكيموحيوية والمواد الفعالة لنبات المورينجا أوليفيرا

توفر الأسمدة العضوية وغير العضوية المغذيات للنباتات التي تعد ضرورية لنموها وتطورها ولكن يحتوي كل منها على مكونات مختلفة في التركيب وجميع النباتات تستخدم هذه المغذيات بطرائق مختلفة منها التسميد الورقي والتسميد الأرضي .

وإن لطريقة إضافة السماد رشاً على الأوراق تأثيراً معنوياً في متوسط أغلب صفات النمو الخضرية والفسلجية والكيموحيوية لنبات المورينجا أوليفيرا . وهذا يعزى إلى التفوق المعنوي لطريقة الرش الورقي في مؤشرات النمو الخضري والجذري والكيموحيوي والمركبات الفعالة التي يحتويها النبات في هذه الدراسة ومنها : قطر ساق النبات جدول(8) وعدد الأوراق جدول(10) والوزن الجاف للمجموع الخضري جدول(12) وحجم الجذر وقطره جدول (16 و 17) والنسبة المئوية للبوتاسيوم جدول(22) ولمعدلات أمتصاص البوتاسيوم ونقله جدول (26 و 30) ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل جدول (33) وتركيز حامض الأسكوربك وألفاتوكوفيرول جدول (37 و 38) والنسبة المئوية لـ Stearic acid ولـ Sitosterol ولـ Stigmasterol جدول (42 و 44 و 45) ويعود سببها إلى سرعة تحرك المغذيات المضافة بطريقة الرش الورقي وأستغلالها في مواقع الأيض عن طريق أختراق الثغور أو بشرة الأوراق أو الجروح والدخول إلى الخلايا النباتية بوقت أسرع مما يؤدي إلى أستمرار التجهيز الغذائي وعمليات الأيض ومن ثم زيادة معدلات مؤشرات النمو الخضرية والمحتوى المعدني والكيموحيوي وتحسين الأنتاج (Rajasekar *et al.* , 2017) . ويتفق هذا مع Alexander and Schroeder (1987) اللذان بيّنا أن أوراق النباتات المعاملة بالرش الورقي بالمغذيات لها القدرة على أمتصاص هذه المغذيات بشكل سريع وتمثيلها وزيادة عملية البناء الضوئي ومن ثم يؤدي إلى تحفيز زيادة نمو المؤشرات الخضرية والمحتوى المعدني والكيموحيوي للنباتات ، وكذلك تتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه Suwanarit and Sestapukdee (1989) بأن الرش الورقي بالبوتاسيوم على نبات الذرة الصفراء *Zea mays* أدى إلى زيادة متوسطات مؤشرات النمو الخضري ومنها المساحة الورقية . وكذلك مع ما وجده Bameri *et al.* (2012) إذ تم تحسين مؤشرات النمو الجذري والخضري في نبات القمح عن طريق التغذية الورقية للمغذيات الصغرى التي أدت إلى زيادة إمتصاص

المغذيات الكبيرة والمغذيات الصغرى بشكل سريع ، وأيضاً إتفقت مع ماتوصل إليه Mer and Ama (2014) إذ أشارا إلى أدوار المغذيات الصغرى المرشوشه ورقياً في نمو النبات والأيض الغذائي مرتبط بعملية البناء الضوئي وتكوين الكلوروفيل ونمو الجذور وتنفس الخلايا وفعالية الإنزيمات المشاركة في التمثيل الغذائي الأولي والثانوي ، وكذلك تماثلت مع Al-Taey *et al.* (2017) الذين أوعزوا أسباب الزيادة في إرتفاع النبات ومحتوى الكلوروفيل الكلي وتراكيز النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم في أوراق نبات الملفوف *Brassica oleracea* عند التغذية الورقية بالأسمدة المعدنية والعضوية إلى دور هذه العناصر الغذائية في تحفيز نمو النبات وهي عناصر أساسية مطلوبة للنمو الأمثل للنبات لإكمال دورة حياته .

أما طريقة التسميد الأرضي وهي من العمليات الأساسية في إدارة التربة والمحصول والمؤثرة بصورة مباشرة في نمو النبات وإنتاجه فكان تأثيرها معنوياً أعلى من التسميد الورقي في بقية المؤشرات قيد الدراسة ومنها متوسط عدد الفروع جدول (9) والوزن الجاف للمجموع الجذري جدول (13) ونسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري\ الوزن الجاف للمجموع الخضري جدول (14) وطول الجذر جدول (15) والنسبة المئوية للنتروجين والفسفور ومحتوى الحديد الكلي في الأوراق جدول (20 21 و23) ومعدل إمتصاص ونقل الفسفور جدول (26 و30) ومعدل إمتصاص ونقل الحديد جدول (27 و31) والنسبة المئوية للبروتين ومحتوى الكاربوهيدرات الكلي للأوراق جدول (32 و34) وأنزيم الـ POD جدول (35) والأحماض الدهنية غير المشبعة α-Linolenic acid و Linoleic acid جدول (40 و41) تعزى أسببها إلى زيادة طول الجذور جدول (15) وزيادة نشاطها في إمتصاص العناصر الغذائية ومن ثم زيادة نمو هذه المؤشرات قيد الدراسة ، وهذا يتفق مع نتائج Mohammadipour *et al.* (2013) الذين توصلوا إلى أن التسميد الأرضي تفوق على التسميد الورقي في العديد من مؤشرات النمو لنبات زنبق السلام *Spathiphyllum illusion* ، ويمكن أن تكون طريقة الإضافة الأرضية للسماد مفيدة للنباتات التي يعد الجزء الأرضي مهم غذائياً وإقتصادياً ، وكذلك يتفق مع ماذكر من قبل Haghighatnia and Rajaee (2003) في دراستهما بأن تأثير الكمية وطرائق إضافة المغذيات الصغرى وخاصة الحديد قد ظهر دورها الإيجابي في زيادة إنتاج بذور السلجم *Brassica napus* وإنتاجها الإقتصادي وعلى عكس ما أعتقده البعض بأن دور الحديد وتأثيره يكون أكثر بإستعمال طريقة التسميد الورقي .

5 – 2 : تأثير التسميد بالحديد المعدني والنانوي المخلبي في مؤشرات النمو الخضري والجذري والمحتوى المعدني في النبات

تشير النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة إلى إن التراكيز المختلفة من الحديد المعدني والنانوي المخلبي وطريقة إضافتهما بالرش الورقي أو التسميد الأرضي قد أثرت معنوياً في غالبية المؤشرات المظهرية والفسلجية والمحتوى المعدني والكيموحيوي قيد الدراسة لنبات المورينجا أوليفيرا ، إذ إن زيادة إرتفاع النبات جدول (7) وقطر الساق جدول(8) وعدد الفروع جدول(9) وعدد الأوراق جدول (10) والمساحة الورقية جدول(11) والوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري للنبات جدول (12و13) والعديد من الصفات قيد الدراسة الأخرى بأستعمال مستويات مختلفة من سماد الحديد النانوي المخلبي يعود سببه إلى دور العناصر النانوية في زيادة مساحة التفاعلات والنشاطات الأنزيمية ومتوسطاتها ومن ثم إنتاج مواد كافية لإستمرار أنقسام الخلايا وزيادة المساحة السطحية للأوراق وأعدادها (Hatami *et al.*, 2014) كما هو الحال في نبات *Pelargonium graveolens* ، أو ربما يعزى سببها إلى أن الأسمدة النانوية بشكل عام والتي تعد نواقل للمغذيات حيث تكون ذات أبعاد نانوية قادرة على ربط أيونات هذه المغذيات بسبب صغر حجمها ومساحتها السطحية الكبيرة ومن المعروف أيضاً أن هذه الأسمدة النانوية تطلق المغذيات ببطء وثبات لأكثر من 30 يوماً مما يساعد في تحسين كفاءة إستعمال المغذيات دون أي آثار سلبية ومن ثم توفرها وزيادة قابلية ذوبانها وإنتشارها ثم أمتصاصها من قبل النبات والذي ينعكس إيجابياً على زيادة أغلب مؤشرات النمو الخضرية والفسلجية والكيموحيوية في النبات (Singh *et al.*, 2013; Subramanian *et al.* , 2015) ، وتتفق هذه النتائج مع Dhoke *et al.*(2013) على نبات الماش *Vigna radiata* .

إذ إن زيادة أرتفاع النبات جدول (7) نتيجة إستعمال مستويات مختلفة من سماد الحديد المعدني أوالنانوي جاء نتيجة سرعة إمتصاصه من قبل الخلايا النباتية عبر الأغشية البلازمية وذلك لصغر حجم الجسيمات النانوية ودور هذا العنصر في تنشيط الإنزيمات المضادة للأكسدة وزيادة الهرمونات النباتية ومنها الجبرلين GA في نبات الفول السوداني*Arachis hypogaea* ودوره الرئيس في لدونة ومرونة جدران الخلايا النباتية ومن ثم إستطالتها (Rui *et al.*, 2016). أو ربما يرجع ذلك إلى أن الحديد يدخل في تكوين جزيء الكلوروفيل الضروري لزيادة كفاءة البناء الضوئي وتكوين الحامض الأميني التريبتوفان الذي هو منشأ هرمون الأوكسين الطبيعي IAA والمسؤول عن السيادة القمية للساق والذي يعمل على أزدياد إنقسام الخلايا وليونة جدرانها والذي بدوره أدى إلى زيادة إستطالة الساق وفروع النبات جدول (7 و9) فضلاً

عن تأثيره في مؤشرات النمو الأخرى (Cakmak *et al.*, 1994) ، وتتفق هذه النتائج مع Roozbahani and Mohammadkhani (2017) على نبات الحنطة وكذلك مع Alkhlefawi (2017) الذين أشاروا إلى إن إستخدام الحديد النانوي أدى إلى زيادة كبيرة في إرتفاع ساق نبات الذرة الصفراء *Zea mays* L. ونبات المورينجا أوليفيرا على التوالي .

كما إن الزيادة في قطر الساق وعدد الفروع وعدد الأوراق والمساحة الورقية الكلية للنبات جدول (8 و9و10و11) ، على التوالي نتيجة إستعمال الحديد النانوي المخلبي قد يعود إلى الدور الذي تؤديه هذه المغذيات النانوية في نمو النبات عن طريق زيادة عملية البناء الضوئي وتصنيع المواد الغذائية ومن ثم زيادة حجم الخلايا وسرعة إنقسامها مما يؤدي إلى زيادة المساحة الورقية ومن ثم زيادة قطر الساق (أبوضاحي ، 1997) ، أو قد يعود السبب أيضاً إلى دور الحديد المخلبي في تكوين السايتوكروم والفيرودوكسين والفايتوفريتين وتكوين الكلوروفيل و الـ RNA المهمة في عملية البناء الضوئي ومن ثم أزدياد المواد المصنعة الدافعة لإنقسام الخلايا وإستطالة الساق والذي إنعكس في زيادة الهرمونات النباتية مثل الأوكسينات والجبرلينات ومن ثم زيادة أرتفاع النبات وعدد الأوراق (Rashad and Hanafy, 1997) ، أو بسبب ما يقوم به الحديد من أدوار مهمة في العمليات الفسيولوجية مثل زيادة محتوى الكلوروفيل وإمتصاص الماء والمغذيات وإنقسام الخلايا وإستطالتها مما يؤثر بدوره في نمو النبات ومن ثم يعكس تأثيراً إيجابياً في زيادة مؤشرات النمو الخضرية للنبات ومنها عدد الأوراق (El-Fouly *et al.* , 2011) ، وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه Aljuthery (2017) و Al-Rkabe (2019) بأن زيادة التسميد الورقي بالحديد النانوي المخلبي أو المعدني يؤدي إلى زيادة معنوية في قطر الساق وعدد الأوراق والمساحة الكلية للأوراق وعدد فروع نبات الباقلاء و الديباج على التوالي . كما تماثلت هذه النتائج مع Fugile (2000) الذي أفاد بأن أوراق نبات المورينجا أوليفيرا تحتوي على كمية كافية من المواد المحفزة التي تشجع على إنقسام الخلايا وتضخمها ووجود هرمون الزياتين Zeatin في أوراق المورينجا الذي يعزز النمو للبراعم الجانبية وهذا بدوره يزيد من عدد الفروع ، ويتفق هذا مع ما وجدته Alkhlefawi (2017) على نبات المورينجا أوليفيرا ، وكذلك تتفق مع نتائج Sheykhbaglou *et al.* (2010) في دراستهم حول نبات فول الصويا .

كما إن الزيادة في قطر ساق نبات المورينجا نتيجة إضافة الحديد المعدني أوالنانوي المخلبي ربما تعزى إلى تأثيره في نسيج المرستيم تحت القمي مما يعيق الإستمرار في أستطالة نموات الأفرع الجانبية للنبات مع زيادة كفاءة الأوراق في تصنيع الغذاء مما يوفر كميات كبيرة مخزونة من مواد البناء الضوئي التي تتجه إلى الأسفل ليضاف خشب ثانوي إلى الداخل ولحاء

ثانوي إلى الخارج بدلاً من أن تستهلك تلك المواد في إستطالة الفروع الجانبية ، أو يرجع السبب إلى دور الحديد في تنشيط النمو الخضري مثل زيادة متوسط أرتفاع النبات والمساحة الورقية والمؤثرة في التصنيع الغذائي الذي يساهم في تراكم كميات أكبر من الخشب واللحاء في أقطار السيقان ، وهذا ما تؤكده النتائج الواردة في الجدول (7 و11) والخاصة بارتفاع النبات والمساحة الورقية .

وبالمقابل وجد أن الحديد النانوي له تأثير معنوي في متوسط المساحة الورقية لنبات المورينجا جدول (11) ، ويرجع ذلك إلى إن زيادة حامض الإسكوربيك في أوراق النبات جدول (37) الذي يعمل على زيادة إنقسام الخلايا وتضخمها والذي إنعكس بشكل إيجابي على المساحة الورقية للنبات (Préstamo and Arroyo, 1999) ، وتتفق هذه النتائج مع ماتوصلت إليه Aljuthery (2017) وكذلك مع Al-Rkabe (2019) بأن الرش الورقي بالحديد النانوي أو المعدني يؤدي إلى زيادة معنوية في المساحة الورقية الكلية لنبات الديباج *Calotropis procera* ونبات الباقلاء ، على التوالي .

هذا وقد زاد إستعمال عنصر الحديد المعدني أو النانوي من عدد فروع نبات المورينجا أوليفيرا جدول(9) في الدراسة الحالية وذلك يرجع إلى أن تغذية النباتات في مراحل مبكرة من حياتها يعطي وقتاً كافياً لتغذيتها بشكل جيد مما يعطي فرصة أكبر لزيادة عدد فروعها أو يرجع ذلك إلى نمو الأوراق التي سيتبعها نمو الفروع والأزهار (Bakhtiar *et al.* , 2014) ، وهذه النتائج تماثلت مع نتائج Al-Rkabe (2019) على أن رش نبات الباقلاء بالحديد النانوي أو المعدني زاد من عدد فروع النبات .

وإن الزيادة في الوزن الجاف للمجموع الخضري للنبات نتيجة إستعمال الحديد المعدني أو النانوي جدول (12) يعزى إلى زيادة كفاءة البناء الضوئي بإزدياد معدل المساحة الورقية الكلية لنبات المورينجا جدول(11) والذي إنعكس تأثيره إيجابياً في زيادة نواتج التمثيل الضوئي الضرورية في بناء البروتينات والكاربوهيدرات جدول (32 و34) ، على التوالي والتي أدت إلى زيادة نمو الأجزاء الخضرية الأخرى مثل زيادة إرتفاع النبات وعدد الأفرع الجانبية وعدد الأوراق جدول(7 و11و12) ، على التوالي ، أو قد يعزى إلى زيادة النمو الخضري ومساحة الأوراق بسبب إمتصاصها للعناصر الصغرى وخاصة الحديد جدول (27) ، مما يؤدي إلى زيادة في التمثيل الضوئي والمزيد من إنتاج المواد التي تقلل من إمتصاص أشجار الفاكهة من أصناف اللوز التجارية لأن رش الحديد النانوي أدى إلى تعويض النقص الحاصل للمغذيات الصغرى ومنها الحديد في التربة أو بسبب تأثير الحديد في زيادة نشاط بعض العمليات الفسلجية كبناء البروتينات جدول (32) والتنفس وبناء الأحماض النووية RNA و DNA وبذلك إزداد الوزن

الجاف للمجموع الخضري (Kamiab and Zamanibahramabadi, 2016) ، وتتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه Aljuthery (2017) في دراستها بأن زيادة التسميد الورقي بالحديد النانوي المخلبي أدى إلى زيادة معنوية في الوزن الجاف للمجموع الخضري لنبات الديباج ، وكذلك إتفقت هذه الزيادة مع Roozbahani and Mohammadkhani (2017) و Karimi *et al.* (2014) على نبات الذرة *Zea mays* L. ونبات الماش ، على التوالي .

وإن الزيادة بالوزن الجاف للمجموع الجذري جدول(13) كان نتيجة إستعمال الحديد المعدني أو النانوي تعزى إلى إزدياد طول وقطر وحجم الجذر جدول (15 و16 و17) ، على التوالي والذي ينعكس إيجابا في زيادة إمتصاص المغذيات وإيصالها إلى الأوراق ومن ثم زيادة صافي التمثيل الضوئي وأزدياد كمية المواد المصنعة اللازمة لبناء الأنسجة النباتية وهذا سيؤدي إلى زيادة معدل الوزن الجاف للمجموع الجذري وكذلك دور المجموع الخضري وزيادة نشاطه في تصنيع المواد الغذائية وإمداد الجذور منها مما يؤدي إلى زيادة وزنها . كما إن زيادة الوزن الجاف للمجموع الجذري قد يعود إلى زيادة المساحة الورقية الكلية للنبات جدول(11) بزيادة سماد الحديد والتي أدت إلى زيادة المواد الغذائية المصنعة بعملية البناء الضوئي وإمكانية وصولها إلى الجذور مما إنعكس إيجاباً على الوزن الجاف للمجموع الجذري ، أو قد يكون بسبب زيادة عدد الجذور بفعل زراعة النبات في أصص أدت إلى زيادة الوزن الجاف للمجموع الجذري لأن الجذور عندما تكون محصورة في الأوعية أو الأصص التي تحدد نمو المجموع الجذري فأنها سوف تتنافس على المصادر الضرورية لتغذيتها وسيؤدي ذلك إلى زيادة الجذور الجانبية وتتناقص المسامات الهوائية مسببة التنافس على الأوكسجين المتوفر وبالتالي زيادة الوزن الجاف للمجموع الجذري (Peterson *et al.*, 1991) ، وتتفق هذه النتائج مع Aljuthery (2017) على نبات الديباج ومع Al-Rkabe (2019) على نبات الباقلاء .

وإن زيادة نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري\الوزن الجاف للمجموع الخضري جدول (14) بإستعمال الحديد المعدني أو النانوي يعود إلى الزيادة الحاصلة في كل من وزن المادة الجافة للمجاميع الخضرية والجذرية نتيجة معاملتها بالحديد النانوي أو المعدني جدول (12 و13) ، مما يشير إلى أن النباتات إستجابت للتسميد بالحديد النانوي أو المعدني وبشكل متوازن لكل من المجاميع الخضرية والجذرية . أو ربما يعود إلى زيادة نمو نبات المورينجا بسبب زيادة مغذيات وسط النمو نتيجة زيادة طول المجموع الجذري جدول (15) وإنتشاره خلال أكبر كتلة من التربة مما يؤدي إلى زيادة إمتصاص المغذيات ، وهذا يتفق مع نتائج Alkhlefawi (2017) و Al-Rkabe (2019) من أن إضافة الحديد النانوي أوالمعدني زاد من نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري/الوزن الجاف للمجموع الخضري على نبات الباقلاء ونبات المورينجا أوليفيرا.

كما أسهم الحديد المعدني أوالنانوي في حدوث زيادة معنوية في طول الجذر وحجمه وقطره جدول (15و16و17) ، على التوالي ، إذ أن للحديد دور مهم في إنقسام وتمايز الخلايا وإستطالتها فضلاً عن تأثيره في العمليات المهمة في النباتات ومنها زيادة فعالية عملية البناء الضوئي والفعاليات الأيضية الأخرى منها أيض ونقل الكاربوهيدرات وبناء البروتين وأن زيادة صفات النمو الخضري مثل زيادة عدد الأوراق جدول (10) وزيادة المساحة الورقية جدول (11) بإعتبار الأوراق هي المصدر الرئيسي لصنع الغذاء مما يؤدي إلى زيادة كمية المواد الغذائية المصنعة والتي تنتقل من الأوراق إلى الجذور ومن ثم يؤدي إلى تحسين نمو الجذور وزيادته وهذا يؤدي بدوره إلى زيادة طول الجذر وحجمه ومن ثم زيادة قطره (Lucena and Hernandez-Apaolaza, 2017) ، كما قد يكون السبب في زيادة طول الجذر هو إن إنزيم البيروكسيديز POD والكاتليز CAT يعملان على التقليل من تأثير سمية الجذور الحرة ROS مثل بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 وتحويله إلى جزيئة ماء وأوكسجين وإن إنزيم البيروكسيديز والكاتليز هي من مضادات الأكسد الأنزيمية التي تتراكم في أنسجة النباتات المعرضة للإجهادات الحيوية وغير الحيوية خصوصاً إن النبات تعرض إلى إجهاد حراري شديد أثناء شهري تموز وآب إذ وصلت درجة الحرارة الى 51 م وهذا ينعكس في زيادة متوسطات النمو للمؤشرات الجذرية للنبات (Blokhina *et al.* , 2003) ، أو قد يعود السبب إلى دور حامض الأسكوربيك جدول(38) في تحفيز إمتصاص المغذيات مثل الـ N و P و K ومن ثم ينعكس تأثيرها في النمو الخضري والجذري للنبات ومنها زيادة طول الجذر وحجمه (Hussein *et al.*, 2011) ، وهذا يتفق مع ما توصل إليه (Wang *et al.*, 2011) في دراستهم أن الجسيمات النانوية من أوكسيد الحديد أدت إلى زيادة إستطالة الجذر في نبات القرع *Cucurbita maxima* ، وأتفقت نتائجنا أيضاً مع Bameri *et al.* (2012) الذين أشاروا إلى تحسين متوسطات مؤشرات النمو الجذري في الحنطة *Triticum aestivum* من خلال التغذية الورقية للمغذيات الصغرى والتي أدت إلى زيادة إمتصاص المغذيات الكبرى والمغذيات الصغرى .

كما إن الزيادة في معدل النمو المطلق والنمو النسبي للنبات جدول (18 و19) ، على التوالي بسبب إستعمال الحديد المعدني أو النانوي تعزى إلى دور الحديد في زيادة الوزن الجاف للمجموع الخضري جدول (12) أو إلى زيادة نمو النبات من حيث قطر الساق جدول(8) وعدد الأفرع جدول (9) وعدد أوراقه جدول (10) ومساحته الورقية جدول (11) ونمو جذوره جدول (15و16و17) وزيادة محتوى الكلوروفيل جدول (33) مما أدى إلى زيادة كفاءة النبات وزيادة نواتج التمثيل الضوئي وبالتالي زيادة إرتفاع النبات جدول (7) مما إنعكس على زيادة متوسطات النمو المطلق والنسبي لعلاقتهما المباشرة بطول النبات ، أو يعود ذلك إلى دور العناصر النانوية

في زيادة فعالية الإنزيمات ونشاطها ومن ثم تشجيع إمتصاص المواد المغذية من التربة (Bhatia *et al.*, 2014) ، وتتفق هذه النتائج مع Hojjat (2015) على نبات الحلبة *Trigonella foenum-graecum* ومع Aljuthery (2017) على نبات الديباج *Calotropis procera* ومع Al-Rkabe (2019) على نبات الباقلاء بأن زيادة التسميد بالحديد يؤدي إلى زيادة معنوية في معدل النمو المطلق ومعدل النمو النسبي ، أو قد يعزى سبب زيادة معدل النمو المطلق إلى إن التربة الطينية جدول (4) تحتفظ بالمغذيات مما يسمح للنبات بأخذ فرصة كبيرة بإمتصاص العناصر الضرورية التي تساعد على زيادة نموه وبالتالي زيادة وزنه وإن أي عامل يؤثر إيجاباً في معدل النمو المطلق يؤثر أيضاً في معدل النمو النسبي للنبات وأتفقت هذه النتائج مع ما توصل إليه Pintro *et al.* (2004) على نبات الحنطة .

أما التأثير المعنوي لسماد الحديد المعدني أو النانوي في المحتوى المعدني من المغذيات للنتروجين والفسفور والبوتاسيوم والحديد في أوراق نبات المورينجا أوليفيرا جدول (20 و21 و22 و23) على التوالي يعود سببه إلى تأثير أضافة عنصرالحديد المعدني أو النانوي في إنتاج مجموع جذري قوي وكفوء جدول (14) في إمتصاص المغذيات من التربة فضلاً عن الإمتصاص العالي لأسمدة الحديد النانوية وزيادة مساحتها السطحية التي تتطلب أخذ المغذيات اللازمة لإتمام عملية البناء الضوئي ومنها الـ N وP وK وFe لذلك تزداد نسبها المئوية في النبات (Sekhon, 2014) . أما زيادة زيادة تركيز النتروجين في الأوراق فيعود إلى دور الحديد في تنشيط أنزيم مختزل النترات Nitrate reductase والمهم في عملية تمثيل النتروجين . أما بالنسبة لزيادة نسبة البوتاسيوم والفسفور فيعزى إلى أن زيادة الستيرول النباتي stigmasterol جدول (45) زادت بشكل كبير من محتوى البوتاسيوم والفسفور في أوراق نبات المورينجا أوليفيرا (El-moursi *et al.* , 2012) . ويزيد سماد الحديد النانوي أو المعدني المضاف للنبات من إمتصاص الفسفور جدول (25) وزيادة تركيزه جدول (21) مما يؤدي إلى تكوين مجموع جذري قوي متمثلاً بزيادة طول الجذور جدول (15) وتفرعاتها ومن ثم زيادة المساحة السطحية للإمتصاص مما يؤدي إلى تراكم المغذيات في أنسجة النبات .

أن المعاملة بالحديد تزيد بشكل كبير من تركيز البوتاسيوم في أوراق نبات المورينجا جدول(22) والسبب يعود إلى إن زيادة تركيز الحديد في النبات يؤدي إلى إزدياد في توفر الطاقة وزيادة الإمتصاص النشط للأنيونات في الخلايا الجذرية للنبات مما يزيد من إمتصاص الكاتيونات مثل البوتاسيوم (Mahmoudi *et al.*, 2005) في أوراق نباتي العدس والحمص ، وقد يعزى سبب زيادة إمتصاص البوتاسيوم جدول (26) من التربة مع الرش بالحديد إلى الدور الذي يؤديه المغذي في تحسين نمو النبات . أن زيادة تركيز الحديد في الأوراق جدول (23) بعد

عملية الرش يعود إلى تراكم العنصر في الأوراق نتيجة زيادة أمتصاصه عن طريق الأوراق ، أو قد يعزى سببها إلى تأثير الحديد في مؤشرات النمو الخضري والتي نتجت من زيادة إمتصاص الحديد جدول (27) لسد حاجة النبات منه كون الحديد يشترك في العمليات الخاصة ببناء الكلوروفيل وزيادة أعداد الكرانا في الكلوروبلاست وإسهامه في تصنيع البروتين (Guller and Krucka, 1993) ، وتتفق هذه النتيجة مع Roosta *et al.*(2015) في دراستهم على نبات الخس *Lactuca sativa* L. ومع نتائج Soliman *et al.*(2015) على نبات المورينجا *M. peregrine* L. وكذلك أتفقت نتائجنا مع ماتوصل إليه (Liu *et al.* 2005) بأن معاملة نبات الفول السوداني بجزيئات أوكسيد الحديد النانوية تسببت في زيادة إمتصاص المغذيات مثل النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم . وتتفق هذه النتائج أيضاً مع Alkhlefawi(2017) على نبات المورينجا أوليفيرا ومع Aljuthery(2017) على نبات الديباج ومع نتائج Al-Rkabe (2019) على نبات الباقلاء بأن زيادة التسميد الورقي بالحديد النانوي أو المعدني يؤدي إلى زيادة معنوية في النسبة المئوية للنتروجين والفسفور والبوتاسيوم ومحتوى الحديد للنباتات .

كما إن زيادة النسبة المئوية للبروتين في الأوراق جدول (32) مع زيادة تركيز الحديد المعدني أو النانوي تعزى إلى التأثير غير المباشر للمغذيات الصغرى في إمتصاص النيتروجين جدول(24) مما يعني أنه عند توفر المغذيات الصغرى للنبات يكون أكثر كفاءة لإستخدام النيتروجين الموجود في التربة ومن ثم يزداد بناء البروتين . ومن ناحية أخرى تشارك المغذيات الصغرى مثل الحديد والزنك في تصنيع البروتينات وفي أيض النيتروجين وبالتالي تؤدي أيضاً إلى زيادة كمية البروتين في نبات ذيل الثعلب الإيطالي *Setaria Italica* (Parhamfar, 2006) ، أو قد يعود سبب الزيادة إلى إن النبات الذي تتوافر فيه المغذيات الدقيقة ومنها الحديد يكون لديه المزيد من الإستخدام الفعّال للنيتروجين في التربة ومن ثم يزداد بناء البروتين (Jahanara *et al.* , 2013) . وإتفقت هذه الزيادة مع نتائج Alkhlefawi(2017) و Aljuthery (2017) و Al-Rkabe (2019) بأن زيادة سماد الحديد النانوي أو المعدني يؤدي إلى زيادة معنوية في النسبة المئوية للبروتين في نباتات الباقلاء والديباج والمورينجا أوليفيرا ، على التوالي . كما إتفقت النتائج مع ما توصل إليه Bakhtiari *et al.* (2015) الذين أثبتوا في نتائجهم أن التسميد الورقي للحديد النانوي يزيد من محتوى البروتين في حبوب نبات الحنطة . كذلك تماثلت هذه النتائج مع ما وجده Biosci *et al.* (2013) التي توصلوا إليها بأن معاملة الرش الورقي بالحديد النانوي أثرت معنوياً على النسبة المئوية لبروتين الحبوب في نبات الفول ومع ما ذكره Sheykhbaglou *et al.* (2010) على نبات فول الصويا ومع

Afshar *el at.* (2013) على نبات اللوبيا *Vigna unguiculata* أن للحديد النانوي تأثيراً معنوياً على زيادة النسبة المئوية للبروتين .

إن زيادة معدلات إمتصاص المغذيات النتروجين والفسفور والبوتاسيوم والحديد جدول (24 و25 و26 و27) على التوالي ، ومعدل نقل العناصر المغذية النتروجين والفسفور والبوتاسيوم والحديد جدول (28 و29 و30 و31) ، على التوالي ، تعود إلى أن للحديد المعدني أوالنانوي دور مهم في تغذية النباتات وفي تحسين مؤشرات النمو الخضري مثل زيادة عدد الفروع وعدد الأوراق والمساحة الورقية الكلية والوزن الجاف للنبات ومن ثم يزيد من كفاءة النبات للقيام بعملية البناء الضوئي الذي يؤدي إلى زيادة محتوى الكلوروفيل وتراكم الكاربوهيدرات الكلية في الأوراق ومن ثم إنتقالها من الأوراق إلى الجذور مما يزيد من طول الجذر وحجم الجذر وقطره جدول (15 و16 و17) ، على التوالي والوزن الجاف للمجموع الجذري جدول (13) ونشاطها ومن ثم يزيد من عملية إمتصاص وتراكم المغذيات في أنسجة النبات وبناء الهرمونات النباتية ، كما إن تحفيز عنصر الحديد لزيادة الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري جدول (12 و13) ساعد في تحفيز نشاطهما على زيادة إمتصاص المغذيات من التربة ومن ثم أنتقالها إلى باقي أجزاء النبات فتحفزه على تصنيع البروتينات والدهون ، أو ربما تعزى إلى إن نقل العناصر الغذائية يعتمد على طول الجذور وحجمها وقطرها وإن زيادة تركيز الفسفور في التربة يعمل على زيادة نشاط الجذور في نقل النتروجين والفسفور والبوتاسيوم داخل النبات ، أو إن زيادة إمتصاص المغذيات تعود إلى دور البوتاسيوم جدول(22) في تأخير مرحلة الشيخوخة للنبات ومحافظته على نشاط الأوراق وهذا ما يزيد من كفاءة النبات في إمتصاص كميات كبيرة من المغذيات مثل النتروجين والفسفور والبوتاسيوم والحديد وكذلك في زيادة كفاءة عملية البناء الضوئي ، وهذا ما ينعكس إيجاباً في تحسين نمو النبات وإنتاجه . وإتفقت هذه النتائج مع Knapp and Knapp(1978) على نبات الحنطة ومع عطية و جدوع (1999) ومع نتائج الزبيدي (2004) على نبات الفلفل الحلو *Capsicum annuum* L. .

ومن جانب آخر فأن زيادة محتوى الكلوروفيل الكلي في أوراق نبات المورينجا أوليفيرا جدول(33) نتيجة إستعمال الحديد المعدني أو النانوي يعزى سببه إلى أشتراك الحديد بتكوين جزيئة الكلوروفيل (Mazaherinia *et al.* , 2010) أو بسبب دور الحديد النانوي في تحسين الفعاليات الحيوية وزيادة النشاطات الأنزيمية التي تؤدي إلى تحفيز زيادة الكلوروفيل من خلال زيادة نشاط الأنزيمات المحفزة على وقف إنتاج الاثيلين وتثبيط عمله والذي له دور في نشاط الأنزيم المؤكسد لصبغة الكلوروفيل Chlorophyllase مما يعمل على تحطيم البلاستيدات الخضر وتحللها في النبات (Morteza *et al.*, 2013) ، وكذلك يمكن أن يعود سبب زيادة

محتوى الكلوروفيل في الأوراق بتأثير الحديد النانوي المخلبي إلى زيادة تركيز الحديد في الاوراق (23) وإرتباطه بتكوين الكلوروفيل (Mazaherinia *et al.*, 2010) ، وتتفق هذه النتائج مع Liu *et al.*(2005) الذين أفادوا أن أستعمال التسميد الورقي بـأوكسيد الحديد النانوي nano-Fe_2O_3 زاد من محتوى الكلوروفيل في الفول السوداني ، ومع نتائج Amanullah *et al.* (2012) الذي أظهر أن إستخدام كبريتات الحديد في التربة والرش الورقي أدى إلى زيادة محتوى الكلوروفيل في أوراق نبات الذرة الصفراء ، ومع نتائج Roozbahani and Mohammadkhani (2017) على نبات الذرة الصفراء ، وكذلك إتفقت مع نتائج Aljuthery (2017) بأن زيادة التسميد الورقي بالحديد النانوي المخلبي يؤدي إلى زيادة معنوية في محتوى الكلوروفيل في أوراق نبات الديباج .

إن زيادة محتوى الأوراق من الكاربوهيدرات الكلية بتأثير الحديد المعدني أوالنانوي جدول (34) يعود إلى دور السماد الورقي في تزويد النبات بالمغذيات ومنها الحديد والتي تؤدي إلى تعزيز كفاءة البناء الضوئي ، وإن كل عنصر من عناصر المغذيات التي يوفرها السماد الورقي له وظيفته الخاصة التي تعزز جميع العمليات الحيوية داخل النباتات مما يؤدي إلى توفير الكاربوهيدرات الأساسية للنبات (Abbas and Hasan, 2018) على نبات العنب ، أو يعزى إلى زيادة نشاط وفعالية العديد من الإنزيمات بما في ذلك إنزيم الكاتاليز (CAT) جدول (36) الذي يؤدي إلى تحلل بيروكسيد الهيدروجين الزائد أي التخلص من تأثيره السام والحفاظ على صبغة الكلوروفيل التي تم تكوينها داخل الأوراق ثم زيادة الكاربوهيدرات الكلية بعملية البناء الضوئي (Fei *et al.*, 2012) ، أو ربما تعود زيادة الكاربوهيدرات إلى دور الحديد المعدني أو النانوي في تشجيع النمو الخضري متمثلة بزيادة عدد الفروع وعدد الأوراق والمساحة الورقية للنبات جدول (9 و10 و11) ، على التوالي مما ساعدها في ذلك إستمرارية تدفق المغذيات وإنسيابيتها التي وسهولة مرورها بفعل قطر الساق جدول (8) وعدد الأوعية داخلها وإمتصاصها كميات أخرى من المغذيات وتسهيل مرورها من الأوراق إلى النبات ومن ثم إلى باقي أجزائه فتحفزه على تصنيع البروتينات والكاربوهيدرات (Al-Rkabe, 2019) ، وجاءت هذه النتائج مماثلة لما توصلت إليه Alkhlefawi (2017) و Aljuthery(2017) في دراستيهما من أن نباتات الديباج والمورينجا أوليفيرا المضاف إليها سماد الحديد النانوي حصل فيها زيادة في النسبة المئوية للكاربوهيدرات الكلية مقارنةً بالنباتات غير المعاملة ، وكذلك إتفقت مع (Abo Dhahi and Al-Younis, 1988) .

5 – 3 : تأثير التسميد بالحديد المعدني والنانوي المخلبي في مضادات الأكسدة والمواد الفعالة في النبات

إن زيادة فعالية أو نشاط مضادات الأكسدة الإنزيمية ومنها إنزيم البيروكسيديز POD جدول (35) وإنزيم الكاتليز CAT جدول (36) في خلايا النبات بتأثير الحديد المعدني أو النانوي يعود سببها لمواجهة الجهد البيئي غير الملائم كأرتفاع درجات الحرارة الذي تعرض له نبات المورينجا أثناء زراعته وذلك للحد من سمية مركبات الأوكسجين التفاعلية Reactive oxygen species (ROS) وكذلك زيادة فعالية مضادات الأكسدة غير الأنزيمية ومنها حامض الأسكوربك وألفا توكوفيرول جدول (37 و38) الكانسة لأنواع الأوكسجين الفعالة ROS ، أو قد تكون الزيادة في فعاليات الإنزيمات ناتجة عن تحفيز التعبير عن جينات POD و CAT عن طريق التسميد بالحديد كما في نبات السلجم *Brassica napus* (Vansuyt *et al.*, 1997) ، وهذا يتفق مع نتائج (Chugh *et al.*, 2011) على نبات الذرة الصفراء *Zea mays* L. ومع ماتوصلت إليه (Alkhlefawi, 2017) في نتائجها من إن إستعمال سماد الحديد زاد من فعالية إنزيم البيروكسيديز والكاتليز في أوراق المورينجا أوليفيرا .

كما إن الزيادة في تركيز الـ Ascorbic acid (فيتامين C) والـ alpha-Tocopherol (فيتامين E) لأوراق نباتات المورينجا أوليفيرا المعاملة بالحديد المعدني أوالنانوي جدول (37 و38) ، على التوالي ، ربما يعود سببها إلى إن هذه الفيتامينات تعد الخط الدفاعي من مضادات الأكسدة غير الإنزيمية التي تعمل على إزالة تأثير سمية بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 من مكونات الخلية الرئيسية وهي المايتوكوندريا والبلاستيدات الخضر والبيروكسيسوم والسايتوسول (Quan *et al.*, 2008) ، أو قد يعود السبب إلى إن المصدر الرئيسي لإنتاج حامض الإسكوربيك هو سكر الكلوكوز ($C_6H_{12}O_6$) والذي إزداد تركيزه بزيادة النسبة المئوية للكاربوهيدرات الكلية في الأوراق (Smirnoff, 2011) ، وإتفقت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج (Soliman *et al.*, 2015) في دراستهم على نبات المورينجا *Moringa peregrine* ومع نتائج Alkhlefawi (2017) في دراستها على نبات المورينجا أوليفرا . كما أظهر سماد الحديد النانوي أو المعدني تأثيراً معنوياً في محتوى الأوراق من الفلافونويدات الكلية جدول (39) حيث إن زيادة تراكيز الحديد المعدني أو النانوي أدت إلى زيادة محتوى الفلافونويدات . ويعزى ذلك إلى إنها تزداد بزيادة نشاط مضادات الأكسدة الإنزيمية جدول (35 و36) وغير الإنزيمية جدول (37 و38) وهي تعد من مضادات الأكسدة الشائعة المعروفة في النباتات الطبية ويمكن أن تشكل معقدات مخلبية مع أيونات المعادن ومن ثم تتأكسد بسهولة لتكون وسيلة لإطلاق الإلكترونات لكبح الجذور الحرة ROS والتخلص من أضرارها وهي ترتبط خطياً مع نشاط

مضادات الأكسدة في النبات حيث يزداد نشاط مضادات الأكسدة بزيادة محتوى الفلافونويدات وبالعكس (Sankhalkar and Vernekar, 2016) ، كما أن زيادة تركيز الحديد تؤدي إلى تحسين كفاءة التمثيل الضوئي ومن ثم تأثيرها في طريقة إستخدام النبات للمواد الأولية precursors الضرورية لتصنيع المركبات الفينولية ومنها الفلافونويدات (Shi *et al.*, 2018) ، وقد يكون سبب زيادتها هو إن مصدر إنتاج الفلافونويدات في النبات هو من تحويل phenylalanine إلى 4- coumaroyl-CoA الذي يتحد مع malonyl CoA لإنتاج جميع أنواع الفلافونويدات (Falcone *et al.*, 2012) ، وهذا يتفق مع ما توصل إليه Vinson *et al.*(1995) الذين ذكروا أن مركبات الفلافونويدات النباتية أظهرت نشاطاً كبيراً مضاداً للأكسدة (Vinson *et al.*, 1995) ، وهذه النتائج لاتتفق مع نتائج Alkhlefawi (2017) بأن إستعمال تراكيز مختلفة من سماد الحديد النانوي المخلبي لم يؤثر معنوياً في محتوى الأوراق من الفلافونويدات في أوراق نبات المورينجا أوليفيرا .

أشارت النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة إلى وجود تأثير معنوي لمستويات الحديد المعدني أو النانوي المضافة في معدلات نمو نبات المورينجا أوليفيرا ، إن الإرتفاع في معدلات النسبة المئوية للأحماض الدهنية غير المشبعة α-Linolenic acid و Linoleic acid والمشبعة Stearic acid في الأوراق عند تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ (حديد نانوي أو حديد معدني) جدول (40 و41 و42) ، على التوالي ، وقد يعود إلى إن زيادة سماد الحديد النانوي أو المعدني أدت إلى زيادة إنتاج الكاربوهيدرات الكلية في الأوراق جدول (34) وحيث إن إنتاج الأحماض الدهنية غير المشبعة والمشبعة مصدره هو malonyl-CoA والناتج من تحول السكروز إلى حامض البايروفيك الذي يدخل إلى الكلوروبلاست ثم يتحول إلى Acetyl-CoA لينتج malonyl-CoA Rahman (2014) ولذلك فإن الزيادة في إنتاج الكاربوهيدرات بسبب المعاملة بالحديد النانوي أو المعدني أدت إلى زيادة معنوية في تصنيع الأحماض الدهنية غير المشبعة والمشبعة . وأتفقت هذه النتائج مع ما توصلت إليه Alkhlefawi (2017) من أن أضافة سماد الحديد النانوي على نبات المورينجا أوليفيرا زاد من النسبة المئوية للأحماض الدهنية α-Linolenic acid و Linoleic acid و Stearic acid .

كما إن الزيادة المعنوية في النسبة المئوية للـ Campesterol والـ Gamma-Sitosterol والـ Stigmasterol جدول (43 و44 و45) ، على التوالي في أوراق نبات المورينجا أوليفيرا بسبب معاملته بسماد الحديد النانوي أو المعدني تعزى إلى إن geranylgeranyl diphosphate (GGDP) هو المادة الأولية لصنع الستيرولات النباتية Phytosterols وإن زيادته تؤدي إلى زيادة إنتاج هذه المركبات الفعالة في الأوراق

(Zauro *et al.* , 2016) وبما إن عنصر الفسفور يدخل ضمن تركيب الـ GGDP فإن زيادة تركيز الفسفور في أوراق النبات نتيجة إضافة سماد الحديد المعدني أو النانوي جدول (21) أدى إلى زيادة في إنتاج الستيرولات النباتية في أوراق المورينجا أوليفيرا ، وتماثلت النتائج مع ما توصلت إليه (Alkhlefawi, 2017) في دراستها لنبات المورينجا أوليفيرا .

4-5 : تأثير طريقة الإضافة (التسميد الورقي والأرضي) لسماد الحديد المعدني والنانوي المخلبي في بعض صفات الصفات التشريحية لأوراق وسيقان نبات المورينجا أوليفيرا

1-4-5 : البشرة السفلى والعليا للأوراق

تتصف البشرة السفلى لأوراق المورينجا ومن نتائج الدراسة الحالية بكونها متعددة الخلايا من حيث الأنواع فهي تحتوي على خلايا البشرة الأعتيادية وتكون ذات جدران متموجة وغير منتظمة الأشكال ، وقد تباينت شدة التموج للجدران فتراوحت بين المضلعة إلى القليلة التموج في الخلايا التي إزداد حجمها ، أما شديدة التموج فلوحظت في الخلايا التي لم يكبر حجمها . أما الثغور فتعد النوع الثاني من أنواع فتحات خلايا البشرة وتتصف بأنها من النوع hypostomatic أي توجد فقط على البشرة السفلى ولكن في هذه الدراسة فقد تم تسجيل بعض الثغور على البشرة العليا ولكن بأعداد قليلة جداً ، كما إن نوع الخلايا الحارسة يسمى kidney shape ، أما المعقد الثغري فكان ذو طراز شائع هو anomocytic وأحياناً tetracytic و anisocytic كما ذكر ذلك AbdulRahaman *et al.* (2018) ، أما في هذه الدراسة الحالية فبالإضافة إلى الطرز المذكورة آنفاً فقد سجل وجود الطراز النجمي الشكل Actinocytic . أما النوع الثالث لخلايا البشرة هو الشعيرات وتمتاز بأنها أحادية الخلية وأعدادها على البشرة السفلى أقل مما في البشرة العليا .

وفي نتائج الدراسة الحالية فقد سجل زيادة ملحوظة في أحجام الخلايا الأعتيادية للبشرة أثناء المعاملة بمختلف التراكيز للحديد المعدني والنانوي جدولي (46 و 47) ولوحتي (2 و 1) ، على التوالي ، وقد لوحظ إن هذه الزيادة في حجم الخلايا وخاصة عند التراكيز العالية تتناسب طردياً مع زيادة مساحة الورقة ، إذ إن أستطالة خلايا البشرة أدى إلى زيادة مساحة الأوراق وهذا أتفق مع نتائج Kim *et al.* (2015) فقد سجل زيادة بمساحة الأوراق تصل إلى 50 % وذلك بسبب الزيادة في إستطالة الخلايا أو زيادة حجم الخلايا نتيجةً لتغذية نبات *Arabidopsis thaliana* بالحديد النانوي ، وتجدر الإشارة إلى إن الدراسة الحالية هي أول دراسة لخلايا البشرتين العليا والسفلى لنبات المورينجا تحت تأثير تراكيز مختلفة من الحديد المعدني والنانوي

المخلبي . أما الثغور فقد تغايرت في أعدادها وأقطارها بين التراكيز المختلفة للحديد المعدني والنانوي المخلبي وبين طريقة الإضافة للتربة أو الرش على المجموع الخضري جدولي (46 و47) فقد تم تسجيل أعلى متوسط لأقطار الثغور عند المعاملة بالتسميد الأرضي للحديد المعدني والحديد النانوي ، إذ إن سبب الزيادة في حجم الثغور ناتج من زيادة نشاط H^+-ATPase للغشاء البلازمي في الأورق وذلك يؤدي إلى إنتفاخ الخلايا الحارسة عن طريق تدفق K^+ أو Na^+ عن طريق القنوات وبالتالي زيادة حجم الثغور وإستحثاث فتح الثغور (Kim *et al.*, 2015) ، وقد سجل AbdulRahaman *et al.*(2018) زيادة في أحجام الثغور لبشرة نبات المورينجا عند معاملته بـ sodium azide و nitrous acid إذ أعزيت الزيادة في حجم الثغور بأنه يعود إلى زيادة حجم الخلايا الحارسة وأن هذه الزيادة تؤدي إلى زيادة حجم الكلوروبلاست في الخلايا الحارسة ومن ثم إحتوائها على كميات كبيرة من الكلوروفيل ، وهذا يؤدي إلى زيادة إنتاج ATP والسكريات النشطة الأزموزية Osmotically active sugars كذلك فأن الخلايا الحارسة تتمكن من تجميع النشأ أثناء الظلام وتقوم بهدرجته في الضوء وتستطيع تخزين النشأ ، وكذلك من خلال عملية تثبيت الكاربون بعملية البناء الضوئي في الخلايا الحارسة وفي النسيج الميزوفيلي ، وبالمحصلة زيادة في مساحة الأوراق والحاصل الطري والجاف للنبات . كذلك لوحظ زيادة أعداد الثغور في معظم التراكيز عند إضافة الحديد المعدني والحديد النانوي على المجموع الخضري والأرضي . كما سجل أعلى دليل ثغري عند المعاملة بالحديد النانوي والمعدني عند التسميد الأرضي ، حيث إن الزيادة في أحجام وأعداد الثغور يؤدي إلى زيادة معدل النتح وهذا يؤدي إلى زيادة معدل البناء الضوئي ومن ثم يسرع ويحفز نمو النبات بسرعة كبيرة ويؤدي إلى زيادة الحاصل وهذا ما يفسر العلاقة الطردية بين زيادة مساحة الأوراق والتفرعات والوزن الجاف نتيجة زيادة أعداد وأحجام الثغور . وقد سجل (AbdulRahaman *et al.*, 2018) زيادة في عدد الثغور الذي أدى إلى زيادة الحاصل للنبات نتيجة نمو النبات في موسم نمو مثالي من رطوبة ومغذيات وإضاءة ، كما إن الزيادة في مساحة الورقة يؤدي إلى إزدياد عدد الثغور الكلي للنبات مؤدياً إلى زيادة النمو الخضري والجاف (Muhl *et al.*, 2011) .

أما الشعيرات فقد تم دراسة أطوالها وأعدادها وقد أعطت مؤشراً جيداً للدلالة على التأثير المعنوي لإضافة التراكيز المختلفة للحديد المعدني والنانوي المخلبي على النبات فقد زاد عدد الشعيرات على البشرة السفلى عند الرش الورقي لنبات المورينجا ولكن بمقدار قليل على عكس التسميد الأرضي الذي كان أعلى بقليل مما كان في المعاملة بالرش الورقي لكن بشكل عام هناك زيادة في عدد الشعيرات في أغلب التراكيز للمعاملتين ، وهذا ما أكده

AbdulRahaman *et al.* (2018) في نتائجهم فقد سجل زيادة في عدد الشعيرات على البشرة السفلى عند معاملة نبات المورينجا بمادتي sodium azide و nitrous acid وإن الزيادة في عدد الشعيرات يؤدي إلى مساعدة النبات على تجميع الندى وإختزال فقدان الماء وحفظ الماء داخل النبات لأنها تزيد من إنعكاس الإشعاع الشمسي وبالتالي تقلص أو تخفض من الحرارة الداخلية للنبات وبالتالي تقلل فقد الماء من النبات . وكان للحديد النانوي والمعدني تأثير معنوي في أطوال الشعيرات والتي بدورها أفادت في إعطاء مؤشر للتغييرات التشريحية بتأثير التراكيز المختلفة للحديد والتي سجلت زيادة في الأطوال لمختلف التراكيز عند التسميد الأرضي . كما تأثرت إستطالة الشعيرات معنوياً بأعتبارها خلايا أحادية الخلية مماثلة لإستطالة خلايا البشرة الإعتيادية بتأثير الإضافة لتراكيز مختلفة من الحديد المعدني والنانوي المخلبي ويعزى ذلك لتأثير المغذيات على أستحثاث إفراز الهرمونات المستحثة Endogenous hormones levels المسؤولة عن إستطالة الخلايا كالأوكسين Auxin (Sotiropoulos *et al.*, 2002) .

أما البشرة العليا فقد تأثرت معنوياً وسجلت زيادة ملحوظة في أغلب الصفات قيد الدراسة للبشرة أثناء إضافة تراكيز مختلفة من الحديد المعدني والنانوي بطريقتي الرش الورقي والتسميد الأرضي جدولي (48 و49) ولوحتي (4 و3) ، على التوالي ، إذ أتفقت هذه النتائج مع نتائج عدد من الباحثين ومنهم AbdulRahaman *et al.* (2018) في دراستهم الذين وجدوا زيادة في عدد الشعيرات على البشرة السفلى في حين يوجد إنخفاض في عدد الشعيرات على البشرة العليا ، ويرجع سببه إلى أن عدد الشعيرات مرتبط بتواجد الثغور ودرجة الحرارة . أما أطوال الشعيرات فقد إزدادت بإزدياد تراكيز الحديد المعدني والنانوي المخلبي إذ سجلت أعلى الأطوال . إن دراسة El-Desouky *et al.* (2017) و(Agamy (2004) و Abbas (2013) تفسر الزيادة في أعداد وأطوال الخلايا سواء خلايا البشرة الأعتيادية أو الثغور أو الشعيرات بأن الرش بالحديد أدى إلى زيادة كفاءة الكامبيوم والتي بدورها تؤثر في مستويات الهرمونات الذاتية للنبات وخاصةً السايتوكاينينات Cytokinins المسؤولة عن إزدياد عدد الخلايا والأوكسينات Auxins المسؤولة عن إستطالة الخلايا وبالتالي الزيادة في مساحة الورقة والمجموع الخضري والوزنين الطري والجاف وإرتفاع النبات وعدد الوريقات والتفرعات لنباتات *Foeniculum vulgare* و *Anethum graveolens* .

2-4-5 : تشريح ساق النبات

تشير النتائج التي تم الحصول عليها في الدراسة الحالية إلى أن تراكيز مختلفة من الحديد النانوي المخلبي والمعدني وطريقة إضافتهما بطريقة التسميد الأرضي أو التسميد الورقي قد

أثرت معنوياً في جميع الصفات التشريحية قيد الدراسة لساق نبات المورينجا أوليفيرا ، إذ إن زيادة سمك كل من البشرة وتحت البشرة للساق عند التسميد الأرضي أو الرش الورقي جدولي (50 و 51) ولوحتي (5 و6) ، وهذه النتائج مماثلة لنتائج دراسة Abou-shlell (2017) عند دراسته تأثير إضافة عدة مغذيات منها الحديد المعدني لنبات المورينجا الذي أثر في أنسجة مقطع الساق بزيادة سمك الأنسجة . وكما وجد أن الحديد المعدني والنانوي له تأثير معنوي في معدل سمك كل من النسيج الكلورنكيمي والنسيج الكولنكيمي والنسيج السكلرنكيمي عند التسميد الأرضي أو الرش الورقي جدول (50 و 51) ولوحة (5 و6) ، وهذه النتائج إتفقت مع دراسة (Abbas, 2013; Agamy, 2004) ومع دراسة (Abou-shlell, 2017) إن إستعمال الرش الورقي للحديد النانوي على نبات المورينجا بتركيز 500 ملغم.لتر$^{-1}$ أدى إلى زيادة في سمك أنسجة الساق كالبشرة والقشرة (بكافة أنواع أنسجتها من كلورنكيما وكولنكيما وسكلرنكيما) .

لقد رافق المعاملة بالحديد النانوي والحديد المعدني زيادة في سمك نسيج اللحاء عند التسميد الأرضي أو الرش الورقي جدولي (50 و 51) ولوحتي (5 و6) في الدراسة الحالية مما يعني زيادة في كفاءة كافة المسارات البنائية في صنع الغذاء ونقله من الورقة إلى كافة أجزاء النبات الأخرى ومن ثم زيادة في النمو الخضري وفي الوزنين الطري والجاف وهذا يتفق مع دراسة Sotiropoulos *et al.* (2002) و El-Desouky (2017) وAbou-shlell(2017) والتي سجلت زيادة في أنسجة الساق ومنها اللحاء عند معاملة نبات الخيار بالحديد المخلبي والمعدني والنانوي وكانت أعلى زيادة في الأنسجة عند مستوى تركيز 100 ملغم.كغم$^{-1}$ ثم تبعه في التأثير 50 ملغم.كغم$^{-1}$ بإستعمال الحديد النانوي وأتبعه في التأثير الحديد المخلبي ثم الحديد في صورته المعدنية . وكذلك يزيد الحديد المعدني أو النانوي من سمك نسيج الكامبيوم في ساق نبات المورينجا أوليفيرا عند التسميد الأرضي أو الرش الورقي جدولي (50و51) ولوحتي (5 و6) ، ويفسر كل من(2002).Sotiropoulos *et al* وYoussef andAbd El-Aal (2013) و(2017) Abou-shlell بأن الزيادة في سمك كافة أنسجة الساق وكذلك النمو الخضري مرتبط بكفاءة النسيج الكامبيومي إذ أن الزيادة في تراكيز الحديد النانوي والمعدني أدت إلى إستحثاث النشاط الكامبيومي والذي أدى إلى إستحثاث وزيادة مستويات الهرمونات endogenous hormons levels وبخاصةً هورمون السايتوكاينين Cytokinin الذي يحفز إزدياد عدد الخلايا والأوكسينات Auxins التي تحفز إستطالة الخلايا ومن ثم تزداد أحجام وأعداد صفوف خلايا أنسجة الساق بما فيها النسيج الكامبيومي . وإن الزيادة في معدل سمك نسيج الخشب لساق النبات نتيجة إستعمال الحديد النانوي أو المعدني عند التسميد الأرضي أو الرش الورقي جدولي (50 و 51) ولوحتي (5 و6) قد يعزى إلى إن نسيج الخشب يتميّز بأن سمكه يزداد بصورة ملفته

للنظر بطريقة التسميد الأرضي أكبر من الزيادة في السمك مما هو عليه بطريقة معاملة النبات برش المغذيات على الأوراق وربما يرجع السبب في ذلك لكون النبات عند التسميد الأرضي يزداد فيه نشاط أنسجة الخشب في إيصال الماء والأملاح والمغذيات من التربة إلى باقي أجزاء النبات وهذا النشاط يتطلب زيادة في حجم وأعداد خلايا نسيج الخشب مقارنةً بأنسجة الخشب لساق النبات المعامل بالحديد النانوي والمعدني بطريقة الرش الورقي الذي يمتص المغذيات من الورقة مباشرةً دون الحاجة إلى جهد النسيج الخشبي للساق في إيصال المغذيات للنبات أو للأوراق . كما إن الزيادة في قطر الوعاء الخشبي لساق النبات وقطر اللب وطول الشعيرات عند التسميد الأرضي والرش الورقي جدولي (50 و 51) ولوحتي (5 و6) على التوالي ، نتيجة إستعمال الحديد المعدني والنانوي المخلبي يعود سببه إلى الدور الذي تؤديه هذه المغذيات النانوية في نمو النبات ، وبما إن الشعيرات هي من التراكيب التابعة لنسيج البشرة فإن تأثير المغذيات على الشعيرات مماثل لتأثيرها على الأنواع الأخرى لنسيج البشرة من زيادة بالحجم والعدد نتيجة إستحثاث هرمونات النمو بفعل المغذيات المضافة متمثلة بالحديد النانوي والحديد المعدني .

وبصورة عامة تفوقت طريقة إضافة الحديد الأرضية على الإضافة الورقية في أغلب الصفات فقد إزداد عدد الأفرع والمساحة الورقية بنسب 27 و 18.4 % ، على التوالي ، كما إزدادت قيم الوزن الجذري الجاف ونسبة الجذور إلى المجموع الخضري وطول الجذر وقطره بقيم بلغت 17.3 و 24.6 و 13.5 و 16.5 % ، على التوالي . كما إزدادت تراكيز المغذيات الفسفور والحديد ومعدل إمتصاصهما بنسب بلغت 10.4 % . كما إزدادت فعالية إنزيم البيروكسيديز و Linoleic acid بنسب بلغت 68.2 و 15.9 % ويعزى سبب تفوق الإضافة الأرضية إلى السعة التنظيمية للتربة soil buffering capacity وإلى مدة إستفادة النبات من العنصر الغذائي رشاً حيث تكون المدة قصيرة بسبب جفاف السائل المرشوش نتيجة إرتفاع درجة الحرارة بعد مدة الصباح الباكر (Mengel and Kirkby, 1982) ، وهذا واضح جلياً من تركيز المغذيات ومعدلات إمتصاصها ونقلها . وإزدادت قيم المؤشرات قيد الدراسة عند الرش بالحديد النانوي بتركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ مقارنةً بمعاملة السيطرة ، ففي المؤشرات الخضرية إزدادت المؤشرات التالية : إرتفاع النبات وقطر الساق و عدد الأفرع وعدد الأوراق والمساحة الورقية والوزن الجاف للمجموع الخضري والوزن الجاف للمجموع الجذري ومعدل النمو المطلق وطول الجذر وحجمه بالقيم التالية 10 % و 20 % و97 % و20 % و14.9 % و20.8 % و15.9 % و15 % و19 % و14.4 % ، على التوالي مقارنةً بمعاملة السيطرة . أما الحالة الغذائية فقد إزداد الفسفور والحديد ومعدل إمتصاص كل من النتروجين والفسفور والبوتاسيوم والحديد ومعدل نقل النتروجين والفسفور والبوتاسيوم والحديد بقيم بلغت 10.6 % و33 % و6.8

% و24 % و14 % و41 % و7.9 % و22.9 % و13.1 % 44.7 % ، على التوالي . إزدادت الصفات التالية محتوى الكلوروفيل والكاربوهيدرات وفعالية إنزيم البيروكسيديز والكاتليز والفلافونويدات والـ Ascorbic acid والألفاتوكوفيرول alpha-Tocopherol والـ Linoleic acid والـ Campesterol بنسب بلغت 11.6 % و14.2 % و38.4 % و21.5 % و18.8 % و5.7 % و13.2 % و81.8 % و6.2 % ، على التوالي . ومما تجدر الإشارة إليه إن هذه المؤشرات إزدادت في حالة إضافة الحديد أرضيًا وبنفس التركيز مقارنة بمعاملة السيطرة .

أثرت التداخلات الثنائية والتداخل الثلاثي بين عوامل قيد الدراسة في أغلب الصفات ، إذ كان لنوع الإضافة (الأرضية) مع نوعي الحديد تأثير ملحوظ في المؤشرات آنفة الذكر .

6 - الإستنتاجات والتوصيات Conclusions and Recommendations

6-1 : الإستنتاجات Conclusions

يستنتج من الدراسة الحالية ما يأتي :

1- أثر التسميد الأرضي أو الرش الورقي بالحديد النانوي المخلبي والمعدني وأدى إلى زيادة معنوية في مؤشرات النمو الخضري و الجذري ومضادات الأكسدة الإنزيمية وغير الإنزيمية والمواد الفعالة في أوراق النبات والمؤشرات التشريحية للأوراق والسيقان وتفوق التركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد المعدني والحديد النانوي في أغلب المؤشرات قيد الدراسة .

2 - إختلف تأثير التسميد الأرضي عن التسميد الورقي وكانت الإضافة الأرضية الأكثر تأثيراً في أغلب المؤشرات قيد الدراسة في نبات المورنجا أوليفيرا .

3 - كان لإستعمال سماد الحديد المعدني والنانوي كل منها منفرداً بمستويات مختلفة تأثيراً معنوياً في مؤشرات النمو الخضري والفسيولوجية والمواد الفعالة لاسيما عند إضافة التركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$.

4 – تفوق تركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ من الحديد النانوي المخلبي في تأثيره المعنوي على التركيز نفسه من الحديد المعدني في أغلب المؤشرات قيد الدراسة منها (قطر الساق والوزن الجاف للمجموع الجذري ونسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري \ الوزن الجاف للمجموع الخضري ومحتوى الحديد في الأوراق والنسبة المئوية للكاربوهيدرات الكلية وحامض الأسكوربيك وألفاتوكوفيرول والنسبة المئوية للحامض الدهني Linoleic acid والمركب الفعال Sitosterol ومعدلات إمتصاص العناصر N,P,K,Fe ومعدل نقل العناصر N و Fe) .

5 – أثر التداخل الثنائي بين الحديد النانوي والمعدني معنوياً في جميع المؤشرات قيد الدراسة ماعدا نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري \ الوزن الجاف للمجموع الخضري وحجم الجذر وفعالية إنزيم البيروكسيديز POD ، إذ كان التركيز 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي + 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني هو الأكثر تأثير في أغلب المؤشرات قيد الدراسة ، كما أثر التداخل الثنائي بين طريقة الإضافة والحديد النانوي أو المعدني في أغلب المؤشرات قيد الدراسة .

6 – أثر التداخل الثلاثي في أغلب مؤشرات النمو الخضري والمحتوى المعدني والكيموحيوي والمؤشرات التشريحية لأوراق وسيقان النبات ولم يؤثر في متوسطات المساحة الورقية والنمو المطلق والنسبي ومؤشرات النمو الجذري ومحتوى الكلوروفيل وفعالية الإنزيمات والفلافونويدات والـ G-Sitosterol في الأوراق .

6 – 2 : التوصيات Recommendations

بناءاً على نتائج الدراسة الحالية يمكن التوصية بما يلي :

1- يوصى بإقامة دورات إرشادية للمزارعين لنشر زراعة وإكثار نبات المورينجا أوليفيرا في العراق لأهميته الغذائية والطبية والإقتصادية وتشجيع إنتاجه على النطاق التجاري .

2- الإهتمام بدراسة بقية العناصر المغذيات الصغرى الأخرى ومعرفة مدى إستجابة نبات المورينجا أوليفيرا وتحديد التراكيز الكفوءة منها وإجراء دراسات تتضمن المغذيات الدقيقة والمغذيات الكبرى وتحديد أفضل التوليفات منها لنبات المورينجا على النطاق الحقلي .

3- يمكن التوصية بإستخدام التوليفة السمادية 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد نانوي و 360 ملغم.لتر$^{-1}$ حديد معدني للحصول على أفضل مؤشرات النمو الخضري والمحتوى المعدني والمركبات الفعالة .

4- تقدير فعالية مضادات أكسدة أنزيمية ومضادات أكسدة غير أنزيمية ومواد فعالة أخرى لم يتم دراستها في الدراسة الحالية .

5- إجراء دراسات وراثية وتشريحية لأنواع أخرى من نبات المورينجا المعامل بالحديد النانوي والحديد المعدني لمعرفة تأثيرهما في هذه المؤشرات .

6- أجراء دراسة تحليلية لمعرفة المواد الفعالة وتراكيزها في الأزهار والجذور للنبات عند تراكيز مختلفة من الحديد النانوي المخلبي والحديد المعدني .

المصادر

References

1-6 : المصادر العربية :

- **أبوضاحي ، يوسف محمد (1997)** . مقارنة بين طريقة اضافة سمادي الفسفور والبوتاسيوم PK للتربة وبالرش في المادة الجافة وتركيز وإمتصاص PK للذرة الصفراء *Zea may* L. . مجلة العلوم الزراعية العراقية ، 28(1) : 41–49 .
- **أحمد ، بدرالدين والسعيد ، محمد يحيى صالح (2016) .** تأثير بعض مركبات الحديد في معالجة نقص الحديد على شجيرات العنب صنف حلواني . المجلة السورية للبحوث الزراعية ، 3(1) : 202–212 .
- **الزبيدي ، زهير نجيب وبابان ، هدى عبدالكريم وفليح، فارس كاظم (1996).** دليل العلاج بالأعشاب الطبية العراقية . العراق .
- **الزبيدي ، هند جواد كاظم (2004) .** تأثير الرش بالحديد والزنك والبورون وحامض الجبرليك في نمو وحاصل ونوعية الفلفل الحلو *Capsicum annuum* L. . رسالة ماجستير- كلية الزراعة - جامعة الكوفة - العراق .
- **الشاذلي ، سعيد (1999) .** تكنولوجيا تسميد وري أشجار الفاكهة في الأراضي الصحراوية . جامعة عين شمس ، كلية الزراعة ، قسم البساتين ، المكتبة الاكاديمية .
- **الصحاف ، فاضل حسين رضا (1989) .** تغذية النبات التطبيقي .وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد . العراق .
- **الطائي ، أسيل محمد عمران (2004) .** تأثير المستخلصات المائية لنبات اليوكالبتوس في مكافحة الشوفان البري *Avena fatual* L. والرويطة *Lolium temulentum* L. والكلغان *Silybum marianum* L. رسالة ماجستير - كلية العلوم - جامعة بابل – العراق .
- **الملك ، سعد داود طه (1986) .** دراسة جاهزية الحديد في بعض الترب الكلسية . رسالة ماجستير ، كلية الزراعة - جامعة صلاح الدين – العراق .
- **النعيمي ، سعدالله نجم عبدالله (1984)** . مباديء تغذية النبات . مطبعة دار الكتب للطباعة والنشر . جامعة الموصل – العراق .
- **حسون ، رواء هاشم (2012) .** تأثير التسميد بالحديد المخلبي (Fe-EDTA) وموعد إضافته في نمو شتلات المانجو *Mangifera indica* L. صنف المحلي . مجلة الفرات للعلوم الزراعية. كلية الزراعة جامعة البصرة ، 4(4) : 25–34 .
- **عطية ، حاتم جبار وجدوع ، خضير عباس (1999).** منظمات النمو النباتية النظرية والتطبيق . مديرية دار الكتب للطباعة والنشر- بغداد .
- **يوسف ، أمل نعوم وعبدالرضا ، حسن علي (2000) .** تأثير الحديد المخلبي Fe–EDDHA في تكوين العقد الجذرية ونمو نبات البرسيم . مجلة إباء للأبحاث الزراعية، 10 (2) : 158–169 .

References 2-6 : المصادر الأجنبية :

Abassi, N. A.; Kushad, M. M.; and Endress, A. G. (1998). Active oxygen-scavenging enzymes activities in developing apple flowers and fruits. Scientia Horticulturae, 74(3): 183–194.

Abbas, Al-A. M. and Hasan, A. M. (2018). Effect of spraying zinc, tryptophan and thiamin on growth and yield of grapevine cv. "khalili" Journal of Kerbala for Agricultural Sciences, 5(1): 30–48.

Abbas, M. K. (2013). Effect of foliar fertilizer and some growth regulators on vegetative and anatomical Characters of Dill (*Anethum graveolens* L.). Middle East Journal of Scientific Research, 13(6): 803–811.

Abd Rani, N. Z.; Husain, K. and Kumolosasi, E. (2018). Moringa genus: a review of phytochemistry and pharmacology. Frontiers in Pharmacology, 9: 108-109.

Abdalla, M. M. (2013). The potential of *Moringa oleifera* extract as a biostimulant in enhancing the growth, biochemical and hormonal contents in rocket (*Eruca vesicaria* subsp. sativa) plants. Int. J. Plant Physiol. Biochem, 5(3), 42–49.

Abdel-Aziz, H.; Hasaneen, M. N. and Omar, A. (2018). Effect of foliar application of nano chitosan NPK fertilizer on the chemical composition of wheat grains. Egyptian Journal of Botany, 58(1): 87–95.

Abdel-Salam, M. M. (2016). Effect of foliar application of salicylic acid and micronutrients on the berries quality of "Bez El Naka" local grape cultivar. Middle East J. Appl. Sci., 6(1): 178–188.

Abdulkarim, S. M.; Long, K.; Lai, O. M.; Muhammad, S. K. S. and Ghazali, H. M. (2005). Some physico-chemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. Food Chemistry, 93(2), 253–263.

Abdull Razis, A. F.; Ibrahim, M. D. and Kntayya, S. B. (2014). Health benefits of *Moringa oleifera*. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, 15(20): 8571–8576.

AbdulRahaman, A. A.; Afolabi A. A.; Zhigila D. A.; Oladele, F. A, and Al Sahli, A. A. (2018). Morpho-anatomical effects of sodium azide and nitrous acid on *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. and Nakai (Cucurbitaceae) and *Moringa oleifera* Lam.(Moringaceae).

Hoehnea, 45(2): 225–237.

Abo Dhahi, Y. M., and Al-Younis, M. A. (1988). Plant nutiritionguide. Dar Al-Kutub for printing and publishing. Al Mosel University. Iraq.

Abou-shlell. (2017). Botanical studies on moringa plant. M.Sci. Thesis Botany. Dept.Fac. Agirc. Moshtohor, p. 154.

Abou-Shlell, M. K;, Abd El-Dayem, H. M.; Ismaeil, F. H. M.; Abd El-Aal, M. M. and El-Emary, F. A. (2017). Impact of the foliar spray with benzyl adenine, paclobutrazol, algae extract, some mineral nutrients and lithovit on anatomical features of *Moringa olifera* plant. Annals of Agric. Sci., Moshtohor, 51(1): 49–62.

Adeyemi, O. S., and Elebiyo, T. C. (2014). *Moringa oleifera* supplemented diets prevented nickel-induced nephrotoxicity in wistar rats. Journal of Nutrition and Metabolism, 2014.

Adisakwattana, S., and Chanathong, B. (2011). Alpha-glucosidase inhibitory activity and lipid-lowering mechanisms of *Moringa oleifera* leaf extract. Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci., 15(7):803–808.

Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. In Methods in enzymology (Vol. 105, pp. 121–126). Elsevier.

Afshar, R. M.; Hadi, H. and Pirzad, A. (2013). Effect of nano-iron on the yield and yield component of cowpea (*Vigna unguiculata*) under end season water deficit. International Journal of Agriculture, 3(1): 27-29.

Agamy, R. A. (2004). Effect of mineral and/or biofertilizers on morphological and anatomical characters, chemical constituents and yield of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* Cv. Dulce) plants grown in calcareous soil. Egypt. J. Appl., Sci., 19(3): 55–75.

Agrawal, N.; Minj, D. K. and Rani, K. (2015). Estimation of total carbohydrate present in dry fruits. IOSR J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol., 1(6): 24–27.

Ahmad, K;, Khan, M. A.; Ahmad, M., Shaheen, N. and Nazir, A. (2010). Taxonomic diversity in epidermal cells of some sub-tropical plant species. Int. J. Agric. Biol., 12(1): 115–118.

Ahmad Nazarudin, M. R., Mohd Fauzi, R., and Tsan, F. Y. (2007). Effects of paclobutrazol on the growth and anatomy of stems and leaves of *Syzygium campanulatum*. Journal of Tropical Forest Science, 19(2): 86–91.

Ahmad Nazarudin, M. R.; Tsan, F. Y.; Normaniza, O. and Adzmi, Y. (2015). Growth and anatomical responses in *Xanthostemon chrysanthus* as influenced by paclobutrazol and potassium nitrate. Sains Malaysiana, 44(4): 483–489.

Al-Antary, T. A.; Kahlel, A.; Ghidan, A. and Asoufi, H. (2020). Effects of nanotechnology liquid fertilizers on fruit set and pods of broad bean (*Vicia faba* L.). Fresen. Environ. Bull, 29(6): 4794–4798.

Al-juthery, S. M. K. (2017). Effect of Nano – Iron and Zinc Fertilizer, Addition of Method and Organic fertilizer on Growth , produce of Active substances and some Anatomical characteristics of *Calotropis procera* (Ait.) R.Br. , Ph.D. Thesis . College of Education/ University of AL– Qadisiya.

Al-Juthery, H. W. A.; Hassan, A. H.; Kareem, F. K.; Musa, R. F. and Khaeim, H. M. (2019). The response of wheat to foliar application of nano-micro nutrients. Plant Archives, 19(September): 827–831.

Al-Malki, A. L. and El Rabey, H. A. (2015). The antidiabetic effect of low doses of *Moringa oleifera* Lam. seeds on streptozotocin induced diabetes and diabetic nephropathy in male rats. BioMed Research International, 2015.

Al-Rkabe, M. S. Z. (2019). Response of Broad Bean *Vicia faba* L. to Foliare Spray of Mineral and Nano Fertilizer of Iron ,Magnesium and Their Interaction. Ph.D. Thesis . College of Education/ University of Al– Qadisiya.

Al-Taey, D. K. A., Al-Janabi, A. S. H., and Rachid, A. M. (2017). Effect of water salinity, Organic and minerals fertilization on growth and some nutrients elements in cabbage *Brassica oleracea* var capitata. Babylon Journal of Pure and Applied Science, 25(6), 232–248.

Al-Taey, D. K. A.; Alazawi, S. S. M.; Al-Shareefi, M. J. H. and Al-Tawaha, A. (2018). Effect of saline water, NPK and organic fertilizers on soil properties and growth, antioxidant enzymes in leaves and yield of lettuce (*Lactuca sativa* var. Parris Island). Research on Crops, 19(3): 441–449.

Al-Tememe, M. S. ; Hameed D. A.-F. and Saad S. M. (2014). Effect of foliar application of iron and zinc on some vegetative properties and biological yield of wheat IPA 99 (*Triticum aestivum* L.) . Journal of Al Furat Agricultural Sciences, 6(1): 191–199.

Alegbeleye, O. O. (2018). How Functional is *Moringa oleifera* . A Review of its Nutritive, Medicinal, and Socioeconomic Potential. Food and Nutrition Bulletin, 39(1): 149–170.

Alexander, A. and Schroeder, M. (1987). Fertilizer use efficiency: Modern trends in foliar fertilization. Journal of Plant Nutrition, 10 (9–16): 1391–1399.

Alkhlefawi, A. M. (2017). Effect of nano iron concentrations, GA_3 and organic fertilizer on the growth, mineral and enzyme content and production of the active substance in leaves of *Moringa oleifera* Lam. , Ph.D. Thesis . College of Education/ University of Al–Qadisiya.

Alvarez, R.; Vaz, B.; Gronemeyer, H. and de Lera, A. R. (2014). Functions, therapeutic applications, and synthesis of retinoids and carotenoids. Chemical Reviews, 114(1): 1–125.

Amaglo, N. K.; Bennett, R. N.; Curto, R. B. Lo; Rosa, E. A. S.; Turco, V. Lo; Giuffrida, A. and Timpo, G. M. (2010). Profiling selected phytochemicals and nutrients in different tissues of the multipurpose tree *Moringa oleifera* L. grown in Ghana. Food Chemistry, 122(4): 1047–1054.

Amanullah, M. M.; Archana, J.; Manoharan, S. and Subramanian, K. S. (2012). Influence of iron and AM inoculation on metabolically active iron, chlorophyll content and yield of hybrid maize in calcareous soil. J. Agron., 11(1): 27–30.

Anwar, F.; Latif, S.; Ashraf, M. and Gilani, A. H. (2007). *Moringa oleifera* : a food plant with multiple medicinal uses. Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives, 21(1): 17–25.

AOAC. (Association of Official Analytical Chemists). (1995). Official Methods of Analysis, 16th Edition. AOAC International, Gaithersburg , MD.

Arise, A. K.; Arise, R. O.; Sanusi, M. O.; Esan, O. T. and Oyeyinka, S. A. (2014). Effect of *Moringa oleifera* flower fortification on the nutritional quality and sensory properties of weaning food. Croatian Journal of Food Science and Technology, 6(2): 65–71.

Arora, D. S. and Onsare, J. G. (2014). *In vitro* antimicrobial evaluation and phytoconstituents of *Moringa oleifera* pod husks. Industrial Crops and Products, 52: 125–135.

Arora, D. S.; Onsare, J. G. and Kaur, H. (2013). Bioprospecting of *Moringa* (Moringaceae): microbiological perspective. J. Pharmacog Phytochem, 1(6): 193–215.

Ashfaq, M.; Basra, S. M. A. and Ashfaq, U. (2012). *Moringa*: a miracle plant for agro-forestry. Journal of Agriculture and Social Sciences, 8(3): 115–122.

Asiedu-Gyekye, I. J.; Frimpong-Manso, S.; Awortwe, C.; Antwi, D. A. and Nyarko, A. K. (2014). Micro-and macroelemental composition and safety evaluation of the nutraceutical *Moringa oleifera* leaves. Journal of Toxicology, 2014:1-13.

Atawodi, S. E.; Atawodi, J. C.; Idakwo, G. A.; Pfundstein, B., Haubner, R.; Wurtele, G. and Owen, R. W. (2010). Evaluation of the polyphenol content and antioxidant properties of methanol extracts of the leaves, stem, and root barks of *Moringa oleifera* Lam. Journal of Medicinal Food, 13(3): 710–716.

Augustin, J. M.; Kuzina, V.; Andersen, S. B. and Bak, S. (2011). Molecular activities, biosynthesis and evolution of triterpenoid saponins. Phytochemistry, 72(6): 435–457.

Ayerza, R. (2011). Seed yield components, oil content, and fatty acid composition of two cultivars of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) growing in the Arid Chaco of Argentina. Industrial Crops and Products, 33(2): 389–394.

Bakhtiar, B.; Hidayat, T. and Jufri, Y. (2014). The performance of growth and yield of soybean varieties in Aceh Besar. Jurnal Floratek , 9 (2): 46–52.

Bakhtiari, M.; Moaveni, P. and Sani, B. (2015). The effect of iron nanoparticles spraying time and concentration on wheat. In biological forum (Vol. 7, p. 679). Research Trend.

Bameri, M.; Abdolshahi, R.; Mohammadi-Nejad, G.; Yousefi, K. and Tabatabaie, S. M. (2012). Effect of different microelement treatment on wheat (*Triticum aestivum*) growth and yield . International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 3(1):

219–223.

Barrios, A. C.; Rico, C. M.; Trujillo-Reyes, J.; Medina-Velo, I. A.; Peralta-Videa, J. R. and Gardea-Torresdey, J. L. (2016). Effects of uncoated and citric acid coated cerium oxide nanoparticles, bulk cerium oxide, cerium acetate, and citric acid on tomato plants. Science of The Total Environment, 563: 956–964.

Bertamini, M. and Nedunchezhian, N. (2005). Grapevine growth and physiological responses to iron deficiency. Journal of Plant Nutrition, 28(5): 737–749.

Bhargave, A.; Pandey, I.; Nama, K. S. and Pandey, M. (2015). *Moringa oleifera* Lam. Sanjana (Horseradish Tree) A miracle food plant with multipurpose uses in Rajasthan-India an overview. Int J Pure App Biosci, 3(6): 237–248.

Bhatia, S. S.; Bahri, S. and Moitra, S. (2014). SiO_2 Nanoparticles: Effect on Seedling Biology. International Journal of Applied Engineering Research, 9(8): 935–939.

Bhushan, B. (2007). Nanotechnology: a Boon or Bane. In AIP Conference Proceedings (Vol. 929, pp. 250–254). American Institute of Physics.

Blokhina, O.; Virolainen, E. and Fagerstedt, K. V. (2003). Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. Annals of Botany, 91(2): 179–194.

Borel, P. ; Preveraud, D. and Desmarchelier, C. (2013). Bioavailability of vitamin E in humans: an update . Nutrition Reviews, 6 (71): 319-331.

Bovicelli, P.; Bernini, R.; Antonioletti, R. and Mincione, E. (2002). Selective halogenation of flavanones. Tetrahedron Letters, 43(32): 5563–5567.

Bozorgi, H. R. (2012). Study effects of nitrogen fertilizer management under nano iron chelate foliar spraying on yield and yield components of eggplant (*Solanum melongena* L.). Journal of Agricultural and Biological Science, 7(4): 233–237.

Brayan, C. (1999). Foliar Fertilizing secrets of success Proc. Symp "Beyond foliar application. Adelaid. Australia. Publ. Adelaid University, 30–36.

Brilhante, R. S. N.; Sales, J. A.; Pereira, V. S.; Castelo-Branco, D. de S. C. M.; Cordeiro, R. de A.; de Souza Sampaio, C. M. and Rocha, M. F. G. (2017). Research advances on the multiple uses of *Moringa oleifera*: A sustainable alternative for socially neglected population. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine,10(7): 621–630.

Cakmak, S.; Gülüt, K. Y.; Marschner, H. and Graham, R. D. (1994). Efect of zinc and iron deficiency on phytos1derophore release in wheat genotype differing in zinc efficiency. Journal of Plant Nutrition, 17(1): 1–17.

Carvalho, J. O.; Toebe, M.; Tartaglia, F. L.; Bandeira, C. T. and Tambara, A. L. (2017). Leaf area estimation from linear measurements in different ages of *Crotalaria juncea* plants. Anais Da Academia Brasileira de Ciências, 89(3): 1851–1868.

Castillo-López, R. I.; León-Félix, J.; Angulo-Escalante, M. Á.; Gutiérrez-Dorado, R.; Muy-Rangel, M. D. and Heredia, J. B. (2017) . Nutritional and phenolic characterization of *Moringa Oleifera* leaves grown in Sinaloa, México. Pakistan Journal of Botany, 49(1): 161–168.

Chambial, S.; Dwivedi, S.; Shukla, K. K.; John, P. J. and Sharma, P. (2013). Vitamin C in disease prevention and cure: an overview. Indian Journal of Clinical Biochemistry, 28(4): 314–328.

Chelikani, P.; Fita, I. and Loewen, P. C. (2004). Diversity of structures and properties among catalases. Cellular and Molecular Life Sciences CMLS, 61(2): 192–208.

Chen, B.; McClements, D. J. and Decker, E. A. (2011). Minor components in food oils: a critical review of their roles on lipid oxidation chemistry in bulk oils and emulsions. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 51(10): 901–916.

Chinnamuthu, C. R. and Kokiladevi, E. (2007). Weed management through nanoherbicides. Application of Nanotechnology in Agriculture . CR. Chinnamuthu, B. Chandrasekaran , and C. Ramasamy (Eds.) Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India.

Chugh, V.; Kaur, N. and Gupta, A. K. (2011). Evaluation of oxidative stress tolerance in maize (*Zea mays* L.) seedlings in response to drought.Indian Journal of Biochemistry and Biophysics,48:47-53 .

Chukwuebuka, E. (2015). *Moringa oleifera* ; "The Mother's Best Friend". International Journal of Nutrition and Food Sciences, 4(6): 624.

Coppin, J. P.; Xu, Y.; Chen, H.; Pan, M.-H.; Ho, C.-T.; Juliani, R. and Wu, Q. (2013). Determination of flavonoids by LC/MS and anti-inflammatory activity in *Moringa oleifera*. Journal of Functional Foods, 5(4), 1892–1899.

Cresser, M. S. and Parsons, J. W. (1979). Sulphuric Perchloric acid digestion of plant material for the determination of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium. Analytica Chimica Acta, 109(2): 431–436.

Daba, M. (2016). Miracle Tree : A Review on Multi-purposes of *Moringa oleifera* and its Implication for Climate Change Mitigation, (January 2016).

Dai, J. and Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. Molecules, 15(10): 7313–7352.

Dey, P.M.; Brownleader M. D. and Harborne J. B. (1997). The plant , the Cell and its molecular components. In ; plant Biochemistry (eds. Dey, P.M. and J. B. Harborne). Academic Press (AP) . California., 1–47.

Dhakar, R. C.; Maurya, S. D.; Pooniya, B. K.; Bairwa, N. and Gupta, M. (2011). *Moringa*: The herbal gold to combat malnutrition. Chronicles of Young Scientists, 2(3): 119.

Dhoke, S. K.; Mahajan, P.; Kamble, R. and Khanna, A. (2013). Effect of nanoparticles suspension on the growth of mung (*Vigna radiata*) seedlings by foliar spray method. Nanotechnology Development, 3(1): e1–e1.

Dillard, C. J. and German, J. B. (2000). Phytochemicals: nutraceuticals and human health. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80(12): 1744–1756.

Doerr, B.; Wade, K. L.; Stephenson, K. K.; Reed, S. B. and Fahey, J. W. (2009). Cultivar effect on *Moringa oleifera* glucosinolate content and taste: a pilot study. Ecology of Food and Nutrition, 48(3): 199–211.

Dogra, P. D.; Singh, B. P. and Tandon, S. (1975). Vitamin C content in Moringa pod vegetable. Current Science.

Drostkar, E., Talebi, R., and Kanouni, H. (2016). Foliar application of Fe, Zn and NPK nano-fertilizers on seed yield and morphological traits in chickpea under rainfed condition. Journal of Research in Ecology, 4(2), 221–228.

Efiong, E. E.; Igile, G. O.; Mgbeje, B. I. A.; Out, E. A. and Ebong, P. E. (2013). Hepatoprotective and anti-diabetic effect of combined extracts of *Moringa oleifera* and *Vernonia amygdalina* in streptozotocin-induced diabetic albino Wistar rats. Journal of Diabetes and Endocrinology, 4(4): 45–50.

El-Desouky, H. S. (2017). Plants Response to nano and chelated nutrients. Ph.D. Thesis of Agricultural Botany . Fac. Agirc. Benha University ,Egypt .

El-Fouly, M. M.; Moubarak, Z. M. and Salama, Z. A. (2002). Micronutrient foliar application increases salt tolerance of tomato seedlings. In International Symposium on Techniques to Control Salination for Horticultural Productivity 573: 467–474 .

El-Fouly, M. M.; Mobarak, Z. M. and Salama, Z. A. (2011). Micronutrients (Fe, Mn, Zn) foliar spray for increasing salinity tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) African Journal of Plant Science, 5(5): 314–322 .

El-Hack, A.; Mohamed, E.; Alagawany, M.; Elrys, A. S.; Desoky, E.-S. M.; Tolba, H. and Swelum, A. A. (2018). Effect of Forage *Moringa oleifera* Lam. (moringa) on Animal Health and Nutrition and Its Beneficial Applications in Soil, Plants and Water Purification. Agriculture, 8(9): 145.

El-Metwally, I. M.; Abo-Basha, D. M. R. and El-Aziz, M. E. A. (2018). Response of peanut plants to different foliar applications of nano-iron, manganese and zinc under sandy soil conditions. Middle East Journal of Applied Sciences, 8(2):474–482.

El-moursi, A.; Talaat, I. M. and Bekheta, M. A. (2012). Physiological response of *Moringa oliefera* to stigmasterol and chelated zinc. Nusantara Bioscience, 4(3): 118–123.

Elade, Y. (1992). The use of antioxidants to control gray mould (*Botrytic cibera*) and white mould (*Sclerotinia aclerotiorum*) in various crops. Plant Pathol, 141: 417–426.

Fadhil, A. H. and Jader, J. J. (2020). The effect of foliar spraying with Boron and chelating Iron on growth and yield of broad bean (*Vicia faba* L.). Plant Archives, 20(1): 425–430.

Fahey, J. W. J. (2005). *Moringa oleifera*: A Review of The Medical Evidence for Its Nutritional,Therapeutic, and Prophylactic Properties. Part 1. Trees for Life Journal, 1(5): 1–15.

Faisal, H. A. (2012). Effect of Foliay Spray of Chelated Iron and Thiamine on Growth and Green Yield of Broad bean Plants. Basrah J. Agric. Sci., 25(2): 17–26.

Faizi, S.; Siddiqui, B. S.; Saleem, R.; Aftab, K. and Shaheen, F. (1998). Hypotensive constituents from the pods of *Moringa oleifera.* Planta Medica, 64(03): 225–228.

Falcone, M. L.; Rius, S. and Casati, P. (2012). Flavonoids: biosynthesis, biological functions, and biotechnological applications. Frontiers in Plant Science, 3: 222 .

Farahani, S. M.; Khalesi, A. and Sharghi, Y. (2015). Effect of Nano Iron Chelate Fertilizer on Iron Absorption of Saffron (*Crocus sativus* L.) Quantitative and Qualitative Characteristics. Asian Journal of Biological Sciences, 8(2): 72–82.

Farajzadeh M. T. E.; Yarnia, M.; Khorshidi, M. B. and Ahmadzadeh, V. (2009). Effects of micronutrients and their application method on yield, crop growth rate (CGR) and net assimilation rate (NAR) of corn cv. Jeta. International Journal of Food, Agriculture and Environment, 7(2): 611–615.

Fei, X.; Zhang, D.; Wang, J.; Zhang, Z.; Wen, L.; DU, J. and Lin, H. (2012). n-Propyl gallate is an inhibitor to tomato fruit ripening. Journal of Food Biochemistry, 36(6): 657–666.

Fernández, V.; Sotiropoulos, T. and Brown, P. H. (2013). Foliar fertilization: scientific principles and field pratices. International fertilizer industry association.

Ferreira, P. M. P.; Farias, D. F.; Oliveira, J. T. de A. and Carvalho, A. de F. U. (2008). *Moringa oleifera*: bioactive compounds and nutritional potential. Revista de Nutrição, 21(4): 431–437.

Foidl, N.; Makkar, H. P. S. and Becker, K. (2001). The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. The Miracle Tree: The Multiple Attributes of Moringa, 45–76.

Franke, W. (1967). Mechanisms of foliar penetration of solutions. Annual Review of Plant Physiology, 18(1): 281–300.

Fugile, L. J. (2000). The Miracle Tree: *Moringa oleifera*; Natural Nutrition for The Tropics, The Multiple attributes of Moringa. Training Manual, Church World Service, Darkar, Senegal.

Fuglie, L. J. (2001a). Introduction to the multiple uses of *Moringa*. The Miracle Tree: The Multiple Attributes of Moringa. CTA/CWS. Dakar, Sénégal, 7–10.

Fuglie, L. J. (2001b). The miracle tree: *Moringa oleifera*: natural nutrition for the tropics. Training manual. Dakar: Church World Service .

Fulekar, M. H.; Pathak, B. and Kale, R. K. (2014). Nanotechnology: perspective for environmental sustainability. In Environment and sustainable development (pp. 87–114). Springer, India.

Gaetani, G. F.; Ferraris, A. M.; Rolfo, M.; Mangerini, R.; Arena, S. and Kirkman, H. N. (1996). Predominant role of catalase in the disposal of hydrogen peroxide within human erythrocytes. Blood J. hematology library.org ,87(4):1595-1599.

Gallão, M. I.; Damasceno, L. F. and de Brito, E. S. (2006). Avaliação química e estrutural da semente de moringa. Revista Ciência Agronômica, 37(1): 106–109.

Gangrong Shi, S. L.; Wang, X. and Liu, C. (2014). Leaf responses to iron nutrition and low cadmium in peanut: anatomical properties in relation to gas exchange. Plant and Soil, 375(1–2): 99–111.

Ghafari, H. and Razmjoo, J. (2013). Effect of Foliar Application of Nano-iron Oxidase , Iron Chelate and Iron Sulphate Rates on Yield and Quality of Wheat. International Journal of Agronomy and Plant Production, 4(11): 2997–3003.

Ghidan, A.; Kahlel, A.; Al-Antary, T. A. and Asoufi, H. (2020). Efficacy of nanotechnology liquid fertilizers on weight and chlorophyll of broad bean (*Vicia faba* L.) Fresen. Environ. Bull, 29(6): 4789–4793.

Goodwin, T. W. and Mercer, E. I. (1985). Introduction to plant Biochemistry. (2nd ed.) Pergamon Press. London.

Gopalakrishnan , L.; Doriya, K. and Kumar, D. S. (2016). *Moringa oleifera* : a review on nutritive importance and its medicinal

application. Food Science and Human Wellness, 5(2): 49–56.

Guevara, A. P.; Vargas, C.; Sakurai, H.; Fujiwara, Y.; Hashimoto, K.; Maoka, T. and Nishino, H. (1999). An antitumor promoter from *Moringa oleifera* Lam. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 440(2): 181–188.

Guller, L. and Krucka, M. (1993). Ultrastructure of grape-vine (*Vitis vinifera*)chloroplasts under Mg-and Fe-deficiencies. Photosynthetica, 29(3): 417–425.

Gupta, S.; Jain, R.; Kachhwaha, S. and Kothari, S. L. (2018). Nutritional and medicinal applications of *Moringa oleifera* Lam. Review of current status and future possibilities. Journal of Herbal Medicine, 11: 1–11.

Gurib-Fakim, A. (2006). Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow. Molecular Aspects of Medicine, 27(1): 1–93.

Haghighatnia, G. and Rajaee, M. (2003). 8th Soil Science Congress of Iran, 31 August-3 September 2003. University of Guilan, Rasht, Iran.

Halaby, M. S.; Elmetwaly, E. M. and Omar, A. A. A. (2013). Effect of *Moringa oleifera* on serum lipids and kidney function of hyperlipidemic rats. J. Appl. Sci. Res, 9: 5189–5198.

Hamza, T. A. and Azmach, N. N. (2017). The miraculous moringa trees: From nutritional and medicinal point of views in tropical regions. Journal of Medicinal Plants Studies, 5(4): 151–162.

Harsini, M. G.; Habibi, H. and Talaei, G. H. (2014). Study the effects of iron nano chelated fertilizers foliar application on yield and yield components of new line of wheat cold region of Kermanshah provence. Agric. Adv., 3(4): 95–102.

Hasan, A. M.; Mohamed Ali, T. J. and Al-Taey, D. K. A. (2019). Effects of Winter Foliar Fertilizing and Plant Growth Promoters on Element and Carbohydrate Contents on the Shoot of Navel Orange Sapling. International Journal of Fruit Science, 1–10.

Hassan A. Fusial, Hutaf H. Jasim, M. S. R. A.-S. (2018). Protective Effects of *Moringa oleifera* extract on Isoniazid and Rifampicin Induced Hepatotoxicity in Rats: Involvment of Adiponectin and Tumor Necrosis Factor-α . Egyptian Journal of Veterinary Sciences, 49(1):25–34 .

Hatami, M.; Ghafarzadegan, R. and Ghorbanpour, M. (2014). Essential oil compositions and photosynthetic pigments content of *Pelargonium graveolens* in response to nanosilver application. Journal of Medicinal Plants, 1(49): 5–14.

Hojjat, S. S. (2015). Impact of Nano microelements on germinated Fenugreek seed. Int. J. Agric. Crop Sci., 8(4): 627–630.

Hokmabadi, H.; Haidarinezhad, A.; Barfeie, R.; Nazaran, M. H.; Ashtiani, M. and Aboutalebi, A. H. (2006). A New Iron Chelate and Its Effects on Photosynthesis Activity, Chlorophyll Content and Nutrients Uptake of Pistachio (*Pistacia vera* L.). 27th International Horticaltural Congress and Exhibitions, Seoul, Korea,. Seoul, Korea: International Society for Horticultural Science (ISHS)., 13–19.

Hollman, P. C. H.; Hertog, M. G. L. and Katan, M. B. (1996). Role of dietary flavonoids in protection against cancer and coronary heart disease. Biochemical Society Transactions, 24: 785–789.

Horesh, I. and Levy, Y. (1981). Response of iron-deficient citrus trees to foliar iron sprays with a low-surface-tension surfactant. Scientia Horticulturae, 15(3): 227–233.

Horneck, D. A. and Hanson, D. (1997). Determination of potassium and sodium by Flame Emission spectrophotometry. In Handbook of Reference Methods for Plant Analysis Soil and Plant Analysis CRC Press. FL. , USA., pp:158-160.

Hunt, R. (1982). Plant growth analysis curves : the functional approach to plant analysis. Edward Arnold (Publishers) Ltd.(London) Pp, 248.

Hussein, M. M.; Abd El-Rheem, K. M. and Khaled, S. M. (2011). Growth and nutrients status of wheat as affected by ascorbic acid and water salinity. Journal of Nature and Science , 9:64-69 .

Huystee, R. B. Van. (1987). Some molecular aspects of plant peroxidase biosynthetic studies. Annual Review of Plant Physiology, 38(1): 205–219.

Iqbal, S. and Bhanger, M. I. (2006). Effect of season and production location on antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaves grown in Pakistan. Journal of Food Composition and Analysis,19(6–7): 544-551.

Jacob, S. J. P. and Shenbagaraman, S. (2011). Evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of the selected green leafy vegetables. Int. J. Pharm. Tech. Res., 3(1): 148–152.

Jahan, I. A.; Hossain, M. H.; Ahmed, K. S.; Sultana, Z.; Biswas, P. K. and Nada, K. (2018). Antioxidant activity of *Moringa oleifera* seed extracts. Oriental Pharmacy and Experimental Medicine, 18(4): 299–307.

Jahanara, F.; Sadeghi, S. M. and Ashouri, M. (2013). Effect of nano-iron (Fe) fertilization and Rhizobium leguminosarum on the qualitative and quantitative traits of *Phaseolus vulgaris* genotypes. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(6): 572–578.

Jaiswal, D.; Rai, P. K.; Mehta, S.; Chatterji, S.; Shukla, S.; Rai, D. K. and Watal, G. (2013). Role of *Moringa oleifera* in regulation of diabetes -induced oxidative stress. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine, 6(6): 426–432.

Janick, J. and Paull, R. E. (2008). The Encyclopedia of Fruit and Nuts. CABI. Wallingford UK.

Joselyn, M. A. (1970). Methods in food analysis (physical, chemical and instrumental methods of analysis). New York Londres: Academic Press.

Kamiab, F. and Zamanibahramabadi, E. (2016). The effect of foliar application of nano-chelate super plus ZFM on fruit set and some quantitative and qualitative traits of Almond commercial cultivars. Journal of Nuts, 7(01): 9–20.

Karimi, Z.; Pourakbar, L. and Feizi, H. (2014). Comparison effect of nano-iron chelate and Iron chelate on growth parameters and antioxidant enzymes activity of mung bean (*Vigna radiate* L.). Advances in Environmental Biology, 8(13): 916–930.

Kasolo, J. N.; Bimenya, G. S.; Ojok, L.; Ochieng, J. and Ogwal-Okeng, J. W. (2010). Phytochemicals and uses of *Moringa oleifera* leaves in Ugandan rural communities. Journal of Medicinal Plants Research, 4(9):753-757.

Kessel, C. (2006). Strawberry Diagnostic Workshops, Nutrition. Ministry of Agriculture. Food and Rural Affaies: 1–7.

Khawaja, T., Tahira, M., and Haq, I. U. (2010). *Moringa oleifera* : a natural gift-A review. J. Pharm. Sci. Res. , 2(11): 775–781.

Kim, J. H. ; Oh, Y. ; Yoon, H. ; Hwang, I. and Chang, Y.-S. (2015). Iron nanoparticle-induced activation of plasma membrane H+-ATPase promotes stomatal opening in *Arabidopsis thaliana*. Environmental Science and Technology, 49(2): 1113–1119.

Knapp, W. R. and Knapp, J. S. (1978). Response of Winter Wheat to Date of Planting and Fall Fertilization 1. Agronomy Journal, 70(6): 1048–1053.

Kole, C., Kumar, D. S., and Khodakovskaya, M. V. (2016). Plant nanotechnology: principles and practices. Springer International Publishing Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42154-4

Kshirsagar, R. B.; Sawate, A. R.; Patil, B. M. and Zaker, M. A. (2016). Studies on morphological and nutritional characteristics of different parts (Leaf, flower and pods) of*Moringa oleifera* (Variety : Koimtoor-1). International Journal of Processing and Post Harvest Technology, 7(2): 237–242.

Kshirsagar, R. B.; Sawate, A. R.; Patil, B. M. and Zaker, M. A. (2017). Studies on nutritional profile of different parts of*Moringa oleifera* (Leaf, flower and pod). Food Science Research Journal, 8(1): 21–24.

Kumar, S. and Pandey, A. K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. The Scientific World Journal, 2013.

Kumar, V.; Dwivedi, V. N. and Tiwari, D. D. (2009). Effect of phosphorus and iron on yield and mineral nutrition in chickpea. Ann. Plant Soil Res., 11: 16–18.

Kurma, S. R. and Mishra, S. H. (1998). Hepatoprotective principles from the stem bark of *Moringa pterygosperma*. Pharmaceutical Biology, 36(4): 295–300.

Kushwaha, S.; Chawla, P. and Kochhar, A. (2014). Effect of supplementation of drumstick (*Moringa oleifera*) and amaranth (*Amaranthus tricolor*) leaves powder on antioxidant profile and oxidative status among postmenopausal women. Journal of Food Science and Technology, 51(11): 3464–3469.

Lamou, B.; Taiwe, G. S.; Hamadou, A.; Houlray, J.; Atour, M. M. and Tan, P. V. (2016). Antioxidant and antifatigue properties of the

aqueous extract of *Moringa oleifera* in rats subjected to forced swimming endurance test. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2016.

Leone, A.; Spada, A.; Battezzati, A.; Schiraldi, A.; Aristil, J. and Bertoli, S. (2015). Cultivation, genetic, ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of *Moringa oleifera* leaves: an overview. International Journal of Molecular Sciences, 16(6): 12791–12835.

Leone, A.; Spada, A.; Battezzati, A.; Schiraldi, A.; Aristil, J. and Bertoli, S. (2016). *Moringa oleifera* seeds and oil: Characteristics and uses for human health. International Journal of Molecular Sciences, 17(12): 2141-2155.

Limón-Pacheco, J. and Gonsebatt, M. E. (2009). The role of antioxidants and antioxidant related enzymes in protective responses to environmentally induced oxidative stress. Mutation Research/ Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 674(1–2): 137–147.

Liu, R. and Lal, R. (2015). Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. Science of the Total Environment, 514: 131–139.

Liu, X. M.; Zhang, F. D.; Zhang, S. Q.; He, X. S.; Fang, R.; Feng, Z. and Wang, Y. (2005). Effects of nano-ferric oxide on the growth and nutrients absorption of peanut. Plant Nutr. Fert. Sci, 11: 14–18.

Lopez-Teros, V.; Ford, J. L.; Green, M. H.; Tang, G.; Grusak, M. A.; Quihui-Cota, L. and Astiazaran-Garcia, H. (2017). Use of a "super-child" approach to assess the vitamin A equivalence of *Moringa oleifera* leaves, develop a compartmental model for vitamin A kinetics, and estimate vitamin A total body stores in young Mexican children. The Journal of Nutrition, 147(12): 2356–2363.

Lucena, J. J. and Hernandez-Apaolaza, L. (2017). Iron nutrition in plants: an overview. Plant and Soil, 418(1–2): 1–4.

Mackinney, G. (1941). Absorption of light by chlorophyll solutions. J. Biol. Chem, 140(2): 315–322.

Mahmoodi, P.; Yarnia, M.; Rashidi, V.; Amirnia, R. and Tarinejhad, A. (2018). Effects of nano and chemical fertilizers on physiological efficiency and essential oil yield of *borago officinalis* L. Applied Ecology and Environmental Research, 16(4): 4773–4788.

Mahmoudi, H.; Ksouri, R.; Gharsalli, M. and Lachaâl, M. (2005). Differences in responses to iron deficiency between two legumes: lentil (*Lens culinaris*) and chickpea (*Cicer arietinum*). Journal of Plant Physiology, 162(11): 1237–1245.

Maji, A. K.; Pandit, S.; Banerji, P. and Banerjee, D. (2014). A validated RP-HPLC method for simultaneous determination of betulin, lupeol and stigmasterol in *asteracantha longifolia* nees. Int. J. Pharm. Pharm. Sci, 6: 691–695.

Makkar, H. P. S. and Becker, K. (1997). Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. The Journal of Agricultural Science, 128(3): 311–322.

Malkaouti, M. and Tehrani, M. (2005). Micronutrient role in increasing yield and important the quality of agricultural products. Tarbiat Modarres University Press, Tehran.

Mall, T. P. and Tripathi, S. C. (2017). *Moringa oleifera*: A Miracle Multipurpose Potential Plant in Health Management and Climate Change Mitigation from Bahraich (UP) India-An Overview. International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology, 4(08): 52–66.

Mallarino, A. P. (2003). Starter and foliar fertilization. In International crop management conference–Iowa state university (pp. 113–120).

Mandloi, M.; Chaudhari, S. and Folkard, G. K. (2004). Evaluation of natural coagulants for direct filtration. Environmental Technology, 25(4): 481–489.

Mani, S.; Jaya, S. and Vadivambal, R. (2007). Optimization of solvent extraction of Moringa (*Moringa oleifera*) seed kernel oil using response surface methodology. Food and Bioproducts Processing, 85(4): 328–335.

Manohar, V. S.; Jayasree, T.; Kishore, K. K.; Rupa, L. M.; Dixit, R. and Chandrasekhar, N. (2012). Evaluation of hypoglycemic and antihyperglycemic effect of freshly prepared aqueous extract of *Moringa oleifera* leaves in normal and diabetic rabbits. J. Chem. Pharm. Res, 4(1): 249–253.

Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. London : Academic Press .

Marschner, H. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Vol. 89. Academic press.

Masum, N. H. M.; Hamid, K.; Zulfiker, A. H. M.; Kamal Hossain, M. and Urmi, K. F. (2012). In vitro antioxidant activities of different parts of the plant *Moringa oleifera* Lam. Research Journal of Pharmacy and Technology, 5(12): 1532–1537.

Mazaherinia, S.; Astaraei, A. R.; Fotovat, A. and Monshi, A. (2010). Nano iron oxide particles efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu concentrations in wheat plant. World Applied Sciences Journal, 7.

Mbikay, M. (2012). Therapeutic potential of *Moringa oleifera* leaves in chronic hyperglycemia and dyslipidemia: a review. Frontiers in Pharmacology, 3(24): 24.

Mehta, K.; Balaraman, R.; Amin, A. H.; Bafna, P. A. and Gulati, O. D. (2003). Effect of fruits of *Moringa oleifera* on the lipid profile of normal and hypercholesterolaemic rabbits. Journal of Ethnopharmacology , 86(2–3): 191–195.

Mekonnen, Y.; Yardley, V.; Rock, P. and Croft, S. (1999). *In vitro* antitrypanosomal activity of *Moringa stenopetala* leaves and roots. Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives, 13(6): 538–539.

Mendieta-Araica, B.; Spörndly, R.; Reyes-Sánchez, N. and Spörndly, E. (2011). Moringa (*Moringa oleifera*) leaf meal as a source of protein in locally produced concentrates for dairy cows fed low protein diets in tropical areas. Livestock Science, 137(1–3): 10–17.

Mengel, K. and Kirkby, E. A. (1982). Principles of Plant Nutrition. 3rd ed. International Potash Institute Bern. Switzerland.

Mensah, J. K.; Ikhajiagbe, B.; Edema, N. E. and Emokhor, J. (2012). Phytochemical, nutritional and antibacterial properties of dried leaf powder of *Moringa oleifera* Lam. from Edo Central Province, Nigeria. J. Nat. Prod. Plant Resour, 2(1): 107–112.

Mer, M. and Ama, E. H. E. (2014). Effect of Cu, Fe, Mn, Zn foliar application on productivity and quality of some wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agri-Food and Applied Sciences, 2: 283–291.

Middleton, E.; Kandaswami, C. and Theoharides, T. C. (2000). The

effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. Pharmacological Reviews, 52(4): 673–751.

Mishra, S. P.; Singh, P. and Singh, S. (2012). Processing of *Moringa oleifera* leaves for human consumption. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 2(1): 28–31.

Mofijur, M.; Masjuki, H. H.; Kalam, M. A.; Atabani, A. E.; Fattah, I. M. R. and Mobarak, H. M. (2014). Comparative evaluation of performance and emission characteristics of *Moringa oleifera* and Palm oil based biodiesel in a diesel engine. Industrial Crops and Products, 53: 78–84.

Mohammadipour, R.; Sedaghat Hoor, S. and Mahboub-Khomami, A. (2013). Effect of application of iron fertilizers in two methods 'foliar and soil application's on growth characteristics of *Spathiphyllum illusion*. Eur. J. Exp. Bio., 3(1): 232–240.

Mohammed, A. A. (2005). Effect of foliar spray with some microelements on growth, productivity and production of volatile oil of *Anethum graveolens* L. M.Sc. thesis. Sanaa University, Yemen .

Monreal, C. M.; DeRosa, M.; Mallubhotla, S. C.; Bindraban, P. S. and Dimkpa, C. (2015). The application of nanotechnology for micronutrients in soil plant systems. VFRC Report, 3 (44).

Moore, M. N. (2006). Do nanoparticles present ecotoxicological risks for the health of the aquatic environment, *Environment International*, *32*(8): 967–976.

Moreau, R. A.; Whitaker, B. D. and Hicks, K. B. (2002). Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses. Progress in Lipid Research, 41(6): 457–500.

Morteza, E.; Moaveni, P.; Farahani, H. A. and Kiyani, M. (2013). Study of photosynthetic pigments changes of maize (*Zea mays* L.) under nano TiO_2 spraying at various growth stages. Springer Plus, 2(1): 247.

Morton, J. F. (1991). The horseradish tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae) a boon to arid lands. Economic Botany, 45(3): 318–333.

Moyo, B.; Masika, P. J.; Hugo, A. and Muchenje, V. (2011). Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. African Journal of Biotechnology, 10(60): 12925–12933.

Mridha, M. A. U. (2015). Prospects of moringa cultivation in Saudi Arabia. J. Appl. Environ. Biol. Sci, 5(3): 39–46.

Muhl, Q. E.; Du Toit, E. S. and Robbertse, P. J. (2011). *Moringa oleifera* (Horse radish tree) leaf adaptation to temperature regimes. International Journal of Agriculture and Biology, 13(6).

Munyanziza, E. and Sarwatt, S. V. (2003). Evaluation of *Moringa oleifera* for food security and environmental rehabilitation in Tanzanian rural areas. Journal of Tropical Forest Science,15(3):450–456.

Mutiara, T.; Titi, E. S. and Estiasih, W. (2013). Effect lactagogue moringa leaves (*Moringa oleifera* Lam.) powder in rats. Journal of Basic and Applied Scientific Research, 3(4): 430–434.

Muyibi, S. A. and Evison, L. M. (1995). Optimizing physical parameters affecting coagulation of turbid water with *Morninga oleifera* seeds. Water Research, 29(12): 2689–2695.

Nadeem, M. and Imran, M. (2016). Promising features of *Moringa oleifera* oil: recent updates and perspectives. Lipids in Health and Disease, 15(1): 212-219.

Nair, R.; Varghese, S. H.; Nair, B. G.; Maekawa, T.; Yoshida, Y. and Kumar, D. S. (2010). Nanoparticulate material delivery to plants. Plant Science, 179(3): 154–163.

Nasir, E.; Ali, S. I. and Stewart, R. R. (1972). Flora of West Pakistan: an annotated catalogue of the vascular plants of West Pakistan and Kashmir. Fakhri.

Nasir, M.; Khan, A. S.; Basra, S. M. A. and Malik, A. U. (2016). Foliar application of moringa leaf extract, potassium and zinc influence yield and fruit quality of 'Kinnow' mandarin. Scientia Horticulturae, 210: 227–235.

Navarro, E.; Baun, A.; Behra, R.; Hartmann, N. B.; Filser, J.; Miao, A. J. and Sigg, L. (2008). Environmental behavior and ecotoxicity of engineered nanoparticles to algae, plants, and fungi. *Ecotoxicology*, 17(5): 372–386.

Ndong, M.; Uehara, M.; Katsumata, S. and Suzuki, K. (2007). Effects of oral administration of *Moringa oleifera* Lam. on glucose tolerance in Goto-Kakizaki and Wistar rats. Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition, 40(3): 229–233.

Nouman, W.; Basra, S. M. A.; Siddiqui, M. T.; Yasmeen, A.; Gull, T. and Alcayde, M. A. C. (2014). Potential of *Moringa oleifera* Lam. as livestock fodder crop: a review. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38(1): 1–14.

Nuha, B. K.; Zaynab, Y. M. H.; Khlood, W. AL-S. and Nabeel, K. I. (2016). Purification and Identification of Total Flavonoids Extracted from *Moringa oleifera* Leaves in Iraq. Journal of Biotechnology Research Center, 10(2): 73–80.

Oduro, I.; Ellis, W. O. and Owusu, D. (2008). Nutritional potential of two leafy vegetables: *Moringa oleifera* and *Ipomoea batatas* leaves. Scientific Research and Essays, 3(2): 057–060.

Olayemi, A. T.; Olanrewaju, M. J. and Oloruntoba, A. C. (2016). Toxicological evaluation of *Moringa oleifera* Lam. seeds and leaves in Wistar rats. Pharmacogn. Commn., 6(2): 100-111.

Olson, M. E. (2002). Combining data from DNA sequences and morphology for a phylogeny of Moringaceae (Brassicales). Systematic Botany, 27(1), 55–73.

Olson, M. E.; Sankaran, R. P.; Fahey, J. W.; Grusak, M. A.; Odee, D. and Nouman, W. (2016). Leaf protein and mineral concentrations across the "Miracle Tree" genus *Moringa*. PloS One, 11(7).

Olusanya, J. O. (2008). Essentials of food and nutrition. Lagos: 1st Ed, Apex Books Limited,Ipaja, Lagos, Nigeria., 35.

Omotesho, K. F.; Sola-Ojo, F. E.; Fayeye, T. R.; Babatunde, R. O.; Otunola, G. A. and Aliyu, T. H. (2013). The potential of *Moringa* tree for poverty alleviation and rural development: Review of evidence on usage and efficacy. International Journal of Development and Sustainability, 2(2): 799–813.

Ovais, M.; Khalil, A. T.; Raza, A.; Khan, M. A.; Ahmad, I.; Islam, N. U. and Shinwari, Z. K. (2016). Green synthesis of silver nanoparticles via plant extracts: beginning a new era in cancer theranostics. Nanomedicine, 12(23): 3157–3177.

Owusu, D.; Ellis, W. O. and Oduro, I. (2008). Nutritional potential of two leafy vegetables: *Moringa oleifera* and *Ipomoea batatas* leaves, 3(2): 57–60.

Oyedepo, T. A.; Babarinde, S. O. and Ajayeoba, T. A. (2013). Evaluation of anti-hyperlipidemic effect of aqueous leaves extract of *Moringa oleifera* in alloxan induced diabetic rats. International Journal of Biochemistry Research and Review, 3(3): 162-170.

Palada, M. C. and Chang, L. C. (2003). Suggested cultural practices for *Moringa* . International Cooperators' Guide Asian Vegetable Research and Development Center. AVRDC Pub,no. 3–545:p.5 .

Palanisamy,V.;Kumaresan,K.;Jayabharthi, M. and Karivaratharaju, T. V. (1985). Studies on seed development and maturation in annual *Moringa* . Vegetable Sci, 12(2): 74–78.

Paliwal, R.; Sharma, V. and Pracheta, J. (2011). A review on horse radish tree (*Moringa oleifera*): A multipurpose tree with high economic and commercial importance. Asian Journal of Biotechnology, 3(4): 317–328.

Pandey, K. B. and Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2(5): 270–278.

Pandey, V. N., Chauhan, V., Pandey, V. S., Upadhyaya, P. P., and Kopp, O. R. (2019). *Moringa oleifera* Lam.: A Biofunctional Edible Plant from India, Phytochemistry and Medicinal Properties. Journal of Plant Studies, 8(1): 10-19.

Parhamfar, T. (2006). The Effect Fertilizers Macro, Micro and *Setaria Italica* Millet Harvest Time on Yield And Forage Quality. Master's Thesis of Agriculture, Zabol University, p: 105.

Parrotta, J. A. (1993). *Moringa Oleifera* Lam: Resedá, Horseradish Tree, Moringaceae, Horseradish-tree Family. International Institute of Tropical Forestry, US Department of Agriculture .

Parrotta, J. A. (2016). Effects of plant growth regulators on tissue culture and rapid propagation of *Moringa oleifera* Lam. Molecular plant breeding,11(0):3154–3158.

Patel, S.; Thakur, A. S.; Chandy, A. and Manigauha, A. (2010). *Moringa oleifera*: a review of there medicinal and economical importance to the health and nation. Drug Invention Today, 2(7):

339–342.

Peterson, T. A.; Reinsel, M. D. and Krizek, D. T. (1991). 1. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv. Better Bush) plant response to root restriction. 2. Root respiration and ethylene generation. J Exp Bot, 42: 1241–1249.

Pintro,J. C.; Taylor,G.J.; and Matumoto-Pintro, P. T.(2004). Optimizing exponential growth of *Triticum aestivum* by application of the relative addition rate (RAR) technique utilizing a computer-controlled nutrient delivery system. Brazilian Journal of Plant Physiology, 16(3): 163–169.

Pitotti, A.; Elizalde, B. E. and Anese, M. (1994). Effect of caramelization and Maillard reaction products on peroxidase activity. Journal of Food Biochemistry, 18(6): 445–457.

Pontual, E. V; Carvalho, B. E. A.; Bezerra, R. S.; Coelho, L. C. B. B.; Napoleão, T. H. and Paiva, P. M. G. (2012). Caseinolytic and milk-clotting activities from *Moringa oleifera* flowers. Food Chemistry, 135(3): 1848–1854.

Prabhu, M.; Kumar, A. R. and Rajamani, K. (2010). Influence of different organic substances on growth and herb yield of sacred basil (*Ocimum sanctum* L.). Indian Journal of Agricultural Research, 44(1): 48–52.

Premi, M., and Sharma, H. K. (2013). Oil extraction optimization and kinetics from *Moringa oleifera* (PKM 1) seeds. International Journal of Agriculture and Food Science Technology, 4(4), 371–378.

Préstamo, G. and Arroyo, G. (1999). Protective effect of ascorbic acid against the browning developed in apple fruit treated with high hydrostatic pressure. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47(9): 3541–3545.

Qi, N.; Gong, X.; Feng, C.; Wang, X.; Xu, Y. and Lin, L. (2016). Simultaneous analysis of eight vitamin E isomers in *Moringa oleifera* Lam. leaves by ultra performance convergence chromatography. Food Chemistry, 207: 157–161.

Quan, L.; Zhang, B.; Shi, W. and Li, H. (2008). Hydrogen peroxide in plants: a versatile molecule of the reactive oxygen species network. Journal of Integrative Plant Biology, 50(1): 2–18.

Qureshi, A.; Singh, D. K. and Dwivedi, S. (2018). Nano-fertilizers : A Novel Way for Enhancing Nutrient Use Efficiency and Crop Productivity, Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci., 7(02): 3325–3335.

Qureshi, S., and Solanki, H. (2015). *Moringa oleifera* Lam., a wonder plant curing multiple ailments, its phytochemistry and its pharmacological applications shirin, Inter. Res. J. of Chmis., 2845: 64–71.

Radovich, T. (2010). Farm and forestry production and marketing profile for *Moringa oleifera*. Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources, Holualoa.

Rady, M. M. and Mohamed, G. F. (2015). Modulation of salt stress effects on the growth, physio-chemical attributes and yields of *Phaseolus vulgaris* L. plants by the combined application of salicylic acid and *Moringa oleifera* leaf extract. Scientia Horticulturae, 193: 105–113.

Rahman, I. U.; Afzal, A.; Iqbal, Z. and Manan, S. (2014). Foliar application of plant mineral nutrients on wheat: A review. Res. Rev: J. Agric. and Allied Sci, 3: 19–22.

Rahman, M. (2014). A review on biochemical mechanism of fatty acids synthesis and oil deposition in Brassica and Arabidopsis. American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 9(4): 534–545.

Rahmatullah, M.; Azam, M. N. K.; Rahman, M. M.; Seraj, S.; Mahal, M. J.; Mou, S. M. and Chowdhury, M. H. (2011). A survey of medicinal plants used by Garo and non-Garo traditional medicinal practitioners in two villages of Tangail district, Bangladesh. American Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, 5: 350–357.

Rajab, E. S.; Abood, K. W. and Hassn, Z. Y. M. (2016). Purification and Identification of Flavonoids Extracted from Loranthus Eurpaeus Fruits. Jornal of Biotechnology Research Center, 10(1): 10–15.

Rajasekar, M.; Udhaya Nandhini, D. and Suganthi, S. (2017). Supplementation of mineral nutrients through foliar spray-A review. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(3): 2504–2513.

Ramachandran, C., Peter, K. V, and Gopalakrishnan, P. K. (1980). Drumstick (*Moringa oleifera*): a multipurpose Indian vegetable. Economic Botany,34(3): 276–283.

Rao, K. S., and Mishra, S. H. (1998). Anti-inflammatory and antihepatotoxic activities of the roots of *Moringa pterygosperma* Gaertn. Indian Journal of Pharmaceutical Sciences, 60(1): 12-16.

Ras, R. T.; van der Schouw, Y. T.; Trautwein, E. A.; Sioen, I.; Dalmeijer, G. W.; Zock, P. L. and Beulens, J. W. J. (2015). Intake of phytosterols from natural sources and risk of cardiovascular disease in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-the Netherlands (EPIC-NL) population. European Journal of Preventive Cardiology, 22(8): 1067–1075.

Rashad, M. H. and Hanafy, A. A. H. (1997). Physiological studies on the effect of iron and zinc supplies on *faba bean* plant. Mansoura University Journal of Agricultural Sciences (Egypt), 22(3): 729–743.

Rashid, U.; Anwar, F.; Moser, B. R. and Knothe, G. (2008). *Moringa oleifera* oil: a possible source of biodiesel. Bioresource Technology, 99(17): 8175–8179.

Ratanarat, S. and Dissunthia, S. (1987). Effects of foliar sprays of iron on groundnut grown on black soils. In 5th . Conference on National Groundnut. Chiang Mai (Thailand). 19-21 .Mar. 1986.

Ravikumar, K. and Sheeja, A. K. (2013). Heavy metal removal from water using *Moringa oleifera* seed coagulant and double filtration. contributory papers, Inter. Con. on Innovations in Civil Engineering, 9-12.

Rico, C. M.; Majumdar, S.; Duarte-Gardea, M.; Peralta-Videa, J. R. and Gardea-Torresdey, J. L. (2011). Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(8): 3485–3498.

Robson, A. D.; Edwards, D. G. and Loneragan, J. F. (1970). Calcium stimulation of phosphate absorption by annual legumes. Australian Journal of Agricultural Research, 21(4): 601–612.

Rocha-Filho, C. A. A.; Albuquerque, L. P.; Silva, L. R. S.; Silva, P. C. B.; Coelho, L. C.B. B.; Navarro, D. M. A. F. and Pontual, E. V. (2015). Assessment of toxicity of *Moringa oleifera* flower extract to Biomphalaria glabrata, Schistosoma mansoni and Artemia salina. Chemosphere, 132: 188–192.

Rockwood, J. L.; Anderson, B. G. and Casamatta, D. a. (2013). Potential uses of *Moringa oleifera* and an examination of antibiotic efficacy conferred by *Moringa oleifera* seed and leaf extacts using

crude extraction techniques available to underserved indigenous populations. International Journal of Phytothearpy Research, 3(2): 61–71.

Roloff, A.; Weisgerber, H.; Lang, H. and Stimm, B. (2009). *Moringa Oleifera* Lam., 1785. Enzyklopädie der Holzgewächse. Weinheim, Germany. Sea, 10(10).

Roosta, H. R.; Jalali, M. and Ali Vakili Sahrbabaki, S. M. (2015). Effect of nano Fe-chelate, Fe-EDDHA and $FeSO_4$ on vegetative growth, physiological parameters and some nutrient elements concentrations of four varieties of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in NFT system. Journal of Plant Nutrition, 38(14): 2176–2184.

Roozbahani, A. and Mohammadkhani, E. (2017). Evaluation Effect of Vermicompost and Nano Iron on Agro-Physiological Traits of Corn (*Zea mays* L.). Journal of Crop Nutrition Science, 3(1): 59–68.

Royer, D. L. (2001). Stomatal density and stomatal index as indicators of paleoatmospheric CO_2 concentration. Review of Palaeobotany and Palynology, 114(1–2): 1–28.

Rui, M.; Ma, C.; Hao, Y.; Guo, J.; Rui, Y.; Tang, X. and Hou, T. (2016). Iron oxide nanoparticles as a potential iron fertilizer for peanut (*Arachis hypogaea*). Frontiers in Plant Science, 7: 815.

Ryter, S. W.; Kim, H. P.; Hoetzel, A.; Park, J. W.; Nakahira, K.; Wang, X. and Choi, A. M. K. (2007). Mechanisms of cell death in oxidative stress. Antioxidants and Redox Signaling, 9(1): 49–89.

Sabale, V.; Patel, V.; Paranjape, A.; Arya, C.; Sakarka R. S. and Sabale, P. (2008). *Moringa oleifera* (Drumstick): an overview. Pharmacognosy Reviews, 2(4): 7.

Sadique, S.; Nisar, S.; Dharmadasa, R. M., and Jilani, M. I. (2019). Effect of nano-fertilizer and growth hormones on different plants, (January 2017).

Saeidnia, S.; Manayi, A.; Gohari, A. R. and Abdollahi, M. (2014). The story of beta-sitosterol-a review. European Journal of Medicinal Plants, 590–609.

Saini, R. K. (2013). Studies on enhancement of carotenoids, folic acid, iron and their bioavailability in *Moringa oleifera* and *in vitro* propagation. University of Mysore.

Saini, R K; Shetty, N. P. and Giridhar, P. (2014a). GC-FID/MS analysis of fatty acids in Indian cultivars of *Moringa oleifera*: potential sources of PUFA. Journal of the American Oil Chemists' Society, 91(6): 1029–1034.

Saini, R. K.; Shetty, N. P.; Prakash, M. and Giridhar, P. (2014b). Effect of dehydration methods on retention of carotenoids, tocopherols, ascorbic acid and antioxidant activity in *Moringa oleifera* leaves and preparation of a RTE product. Journal of Food Science and Technology, 51(9); 2176–2182.

Salama, A. M. and Yousef, R. S. (2015). Response of basil plant (*Ocimum sanctum* Lam.) to foliar spray with amino acids or seaweed extract. Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants, 7(3): 94–106.

Sánchez-Machado, D. I.; Núñez-Gastélum, J. A.; Reyes-Moreno, C.; Ramírez-Wong, B. and López-Cervantes, J. (2010). Nutritional quality of edible parts of *Moringa oleifera*. Food Analytical Methods, 3(3): 175–180.

Sánchez, N. R.; Ledin, S. and Ledin, I. (2006). Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different management regimes in Nicaragua. Agroforestry Systems, 66(3): 231–242.

Sankhalkar, S. and Vernekar, V. (2016). Quantitative and Qualitative analysis of Phenolic and Flavonoid content in *Moringa oleifera* Lam. and *Ocimum tenuiflorum* L. Pharmacognosy Research, 8(1): 16-21.

Scandalios , T. Q. ; Guan , L. M. and Polidors, A. (1997). In Oxidative Stress and the Molecular Biology of Antioxidant Defense. Ed.Scandalios , J. C. (Cold Spring Harber Lab Press , Palin View , NY): 343–406.

Schenk, M. K. and Barber, S. A. (1980). Potassium and phosphorus uptake by corn genotypes grown in the field as influenced by root characteristics. Plant and Soil, 54(1): 65–76.

Schenkeveld, W. D. C.; Dijcker, R.; Reichwein, A. M.; Temminghoff, E. J. M. and Van Riemsdijk, W. H. (2008). The effectiveness of soil-applied FeEDDHA treatments in preventing iron chlorosis in soybean as a function of the o, o-FeEDDHA content. Plant and Soil,303(1–2) : 161–176.

Seal, T. and Chaudhuri, K. (2017) . High performance liquid chromatography method for the estimation of water soluble vitamin in five wild edible fruits consumed by the tribal people of north-eastern region in India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(10): 2900–2913.

Sekhon, B. S. (2014). Nanotechnology in agri-food production: an overview. Nanotechnology Science and Applications, 7: 31-53.

Shahbazi, H.; Taeb, M.; Bihamta, M. R. and Darvish, F. (2009). Inheritance of antioxidant activity of bread wheat under terminal drought stress. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 6(3): 298–302.

Shang, Y.; Hasan, M.; Ahammed, G. J.; Li, M.; Yin, H. and Zhou, J. (2019). Applications of nanotechnology in plant growth and crop protection: a review. Molecules, 24(14): 2414-2558.

Shank, L. P.; Riyathong, T.; Lee, V. S. and Dheeranupattana, S. (2013). Peroxidase Activity in Native and Callus Culture of *Moringa Oleifera* Lam. Journal of Medical and Bioengineering, 2(3):163–167.

Sharifi, R.; Mohammadi, K. and Rokhzadi, A. (2016). Effect of seed priming and foliar application with micronutrients on quality of forage corn (*Zea mays*). Environmental and Experimental Biology, 14: 151–156.

Sheykhbaglou, R.; Sedghi, M.; Shishevan, M. T. and Sharifi, R. S. (2010). Effects of nano-iron oxide particles on agronomic traits of soybean. Notulae Scientia Biologicae, 2(2): 112–113.

Shi, P.; Song, C.; Chen, H.; Duan, B.; Zhang, Z. and Meng, J. (2018). Foliar applications of iron promote flavonoids accumulation in grape berry of *Vitis vinifera* cv. Merlot grown in the iron deficiency soil. Food Chemistry, 253: 164–170.

Shirazi, O. U.; Khattak, M.; Shukri, N. A. M. and Nasyriq, M. N. (2014). Determination of total phenolic, flavonoid content and free radical scavenging activities of common herbs and spices. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 3(3): 104–108.

Siasos, G.; Tousoulis, D.; Tsigkou, V.; Kokkou, E.; Oikonomou, E.; Vavuranakis, M. and Stefanadis, C. (2013). Flavonoids in atherosclerosis: an overview of their mechanisms of action. Current Medicinal Chemistry, 20(21): 2641–2660.

Siddhuraju, P. and Becker, K. (2003). Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(8): 2144–2155.

Singh, H. P. (2010). Moringa-A crop of future. Keynote Address for Brain Storming Session On *Moringa* Held On, 23, 2010.

Singh, M. D. (2017). Nano-fertilizers is a new way to increase nutrients use efficiency in crop production. International Journal of Agriculture Sciences, ISSN, 9(7):3831-3833 .

Singh M.D.; Gautam C.; Patidar O.M.; Meena, H. M. and Devi, D**. (1992).** Foliar application of iron for recovering groundnut plants from lime-induced iron deficiency chlorosis and accompanying losses in yields. Journal of Plant Nutrition, 15(9): 1421–1433.

Singh, N. B.; Amist, N.; Yadav, K.; Singh, D.; Pandey, J. K. and Singh, S. C. (2013). Zinc oxide nanoparticles as fertilizer for the germination, growth and metabolism of vegetable crops. Journal of Nanoengineering and Nanomanufacturing, 3(4): 353–364.

Sivasankari, B.; Anandharaj, M. and Gunasekaran, P. (2014). An ethnobotanical study of indigenous knowledge on medicinal plants used by the village peoples of Thoppampatti, Dindigul district, Tamilnadu, India. Journal of Ethnopharmacology, 153(2): 408–423.

Smirnoff, N. (2011). Vitamin C: the metabolism and functions of ascorbic acid in plants. In Advances in Botanical Research (Vol. 59: pp. 107–177). Elsevier.

Smolin, L. A. and Grosvenor, M. B. (2019). Nutrition: Science and applications. John Wiley and Sons.

Sohaimy, S. A.; El-Hama, G. M.; Mohamed, S. E.; Amar, M. H. and Al-hindi, R. R. (2015). Biochemical and functional properties of *Moringa oleifera* leaves and their potential as a functional food. Journal of Agricultural Science. 4(4):pp.188–199.

Soliman, A. S.; El-feky, S. A. and Darwish, E. (2015). Alleviation of salt stress on *Moringa peregrina* using foliar application of nanofertilizers . Journal of Horticulture and Forestry, 7(2): 36–47.

Soliman, E. M. (1995). Comparison of micro-nutrient application methods for *cucumber* production in arid land protected cultivation systems. Strategies for Market Oriented Greenhouse Production 434: 151–158.

Soliva, C. R., Kreuzer, M., Foidl, N., Foidl, G., Machmüller, A., and Hess, H. D. (2005). Feeding value of whole and extracted *Moringa oleifera* leaves for ruminants and their effects on ruminal fermentation *in vitro*. Animal Feed Science and Technology,118(1-2) : 47–62.

Somali, M. A.; Bajneid, M. A. and Al-Fhaimani, S. S. (1984). Chemical composition and characteristics of *Moringa peregrina* seeds and seeds oil. Journal of the American Oil Chemists Society,61(1):85–86.

Sotiropoulos, T. E.; Therios, I. N.; Dimassi, K. N.; Bosabalidis, A. and Kofidis, G. (2002). Nutritional status, growth, CO_2 assimilation, and leaf anatomical responses in two kiwi fruit species under boron toxicity. Journal of Plant Nutrition, 25(6): 1249–1261.

Sreelatha, S. and Padma, P. R. (2009). Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity. Plant Foods for Human Nutrition, 64(4): 303-311.

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. and Dickie, D. A. (1997). Principles and Procedures of Statistics-a Biometric Approach. 3rd Edition. McGraw-Hill Publishing Company. Toronto.

Steven, C. H. (2000). Soil fertility basics. Soil Science Extension. North Carolina State University,Certified Crop Advisor Training.

Subramanian, K. S.; Manikandan, A.; Thirunavukkarasu, M. and Rahale, C. S. (2015). Nano-fertilizers for balanced crop nutrition. In Nanotechnologies in Food and Agriculture (pp. 69–80). Springer.

Sujatha, B. K. and Patel, P. (2017). *Moringa oleifera* Nature's Gold. Imperial Journal of Interdisciplinary Research, 3(5): 1175–1179.

Sultana, B. and Anwar, F. (2008). Flavonols (kaempeferol, quercetin, myricetin) contents of selected fruits, vegetables and medicinal plants. Food Chemistry, 108(3): 879–884.

Suppan, S. (2017). Applying Nanotechnology to Fertilizer: Rationales, research, risks and regulatory challenges. In The Institute for Agriculture and Trade Policy works locally and globally. This article

originated as a presentation in Spanish via Skype to an international seminar of the Brazilian Research Network on Nanotechnology, Society and Environment. 21pp. Brazi.

Sutalangka, C., Wattanathorn, J., Muchimapura, S., and Thukham-mee, W. (2013). *Moringa oleifera* mitigates memory impairment and neurodegeneration in animal model of age-related dementia. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2013,1-9.

Suwanarit, A., and Sestapukdee, M. (1989). Stimulating effects of foliar K-fertilizer applied at the appropriate stage of development of maize: A new way to increase yield and improve quality. Plant and Soil, 120(1), 111–124.

Tahiliani, P. and Kar, A. (2000). Role of *Moringa oleifera* leaf extract in the regulation of thyroid hormone status in adult male and female rats. Pharmacological Research, 41(3): 319–323.

Temminghoff, E. E. J. M. and Houba, V. J. G. (2004). Plant analysis procedures.157-163

Thurber, M. D. and Fahey, J. W. (2009). Adoption of *Moringa oleifera* to combat under-nutrition viewed through the lens of the "Diffusion of Innovations" theory. Ecology of Food and Nutrition, 48(3): 212–225.

Titi, M. K.; Harijono, E. T. and Endang, S. W. (2013). Effect lactagogue moringa leaves (*Moringa oleifera* Lam) powder in rats white female wistar. Journal of Basic and Applied Scientific Research, 3(4): 430–434.

Tkachuk, R. (1977). Calculation of the nitrogen to protein conversion factor .Nutritional standards and methods of evaluation for food legume breeders. Intern. Develop. Res. Center , Ottawa, pp:78-82.

Tsaknis, J.; Lalas, S.; Gergis, V.; Dourtoglou, V. and Spiliotis, V. (1999) . Characterization of *Moringa oleifera* variety Mbololo seed oil of Kenya. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47(11) : 4495–4499.

United States Department of Agriculture (USDA), (2016). Natural Resources Conservation Service. Plants Database. Taxonomic Serial 2016.

Vansuyt, G.; Lopez, F.; Inzé, D.; Briat, J. F. and Fourcroy, P. (1997). Iron triggers a rapid induction of ascorbate peroxidase gene expression in *Brassica napus*. FEBS Letters, 410(2–3): 195–200.

Verma, A. R.; Vijayakumar, M.; Mathela, C. S. and Rao, C. V. (2009). In vitro and in vivo antioxidant properties of different fractions of *Moringa oleifera* leaves. Food and Chemical Toxicology, 47(9): 2196–2201.

Viera, G. H. F.; Mourão, J. A.; Ângelo, Â. M.; Costa, R. A. and Vieira, R. H. S. dos F. (2010). Antibacterial effect (in vitro) of *Moringa oleifera* and *Annona muricata* against Gram positive and Gram negative bacteria. Revista Do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, 52(3): 129–132.

Vinson, J. A.; Dabbagh, Y. A.; Serry, M. M. and Jang, J. (1995). Plant flavonoids, especially tea flavonols, are powerful antioxidants using an in vitro oxidation model for heart disease. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43(11): 2800–2802.

Von Maydell, H. J. (1986). Trees and shrubs of Sahel, their characterization and uses. Deutsche Gesellschaft Fur Technische Zusammenarbeit, Germany: Eschborn, 334- 337.

W.H.O. (1998). Regulatory situation of herbal medicines: a worldwide review. Geneva: World Health Organization.

Wang, H.; Kou, X.; Pei, Z.; Xiao, J. Q.; Shan, X. and Xing, B. (2011). Physiological effects of magnetite (Fe_3O_4) nanoparticles on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and pumpkin (*Cucurbita maxima*) plants. Nanotoxicology, 5(1): 30–42.

William, R. F. (1948). The effect of phosphorus supply on the rates of intake of phosphorus and nitrogen upon certain aspects of phosphorus metabolism in gramineous plants. Aust. J. Sci. Res.,1: 333–361.

Xu, Z.; Wang, Q. M.; Guo, Y. P.; Guo, D. P., Shah, G. A.; Liu, H. L. and Mao, A. (2008). Stem swelling and photosynthate partitioning in stem mustard are regulated by photoperiod and plant hormones. Environmental and Experimental Botany, 62(2): 160–167.

Yasmeen, A. (2011). Exploring the potential of moringa (*Moringa oleifera*) leaf extract as natural plant growth enhancer. University of Agriculture Faisalabad, Pakistan.

Youssef, A. S. M. and Abd El-Aal, M. M. M. (2013) . Effect of paclobutrazol and cycocel on growth, flowering , chemical composition and histological features of potted *Tabernaemontana coronaria* Stapf plant . Journal of Applied Sciences Research, 9(11):

5953–5963.

Zahedi, S. M.; Hosseini, M. S.; Meybodi, N. D. H. and da Silva, J. A. T. (2019). Foliar application of selenium and nano-selenium affects pomegranate (*Punica granatum* cv. Malase Saveh) fruit yield and quality. South African Journal of Botany, 124: 350–358.

Zauro, S. A.; Abdullahi, M. T.; Aliyu, A.; Muhammad, A.; Abubakar, I. and Sani, Y. M. (2016). Production and analysis of soap using locally available raw-materials. Appl. Chem, 96(7): 41479–41483.

Zeidan, M. S.; Mohamed, M. F. and Hamouda, H. A. (2010). Effect of foliar fertilization of Fe, Mn and Zn on wheat yield and quality in low sandy soils fertility. World J. Agric. Sci., 6(6): 696–699.

Zhang, H.; Wang, Z. and Liu, O. (2015). Development and validation of a GC–FID method for quantitative analysis of oleic acid and related fatty acids. Journal of Pharmaceutical Analysis, 5(4): 223–230.

Zheng, Y.; Zhu, F.; Lin, D.; Wu, J.; Zhou, Y. and Mark, B. (2017). Optimization of formulation and processing of *Moringa oleifera* and *spirulina* complex tablets. Saudi Journal of Biological Sciences, 24(1): 122–126.

Zhu, H.; Han, J.; Xiao, J. Q. and Jin, Y. (2008). Uptake, translocation, and accumulation of manufactured iron oxide nanoparticles by pumpkin plants. Journal of Environmental Monitoring, 10(6): 713–717.

Summary :

The aim of the study was to assess the effect of nano and mineral Iron and their application method (i.e. foliar and soil application) on the properties of morphological , physiological , anatomical , some vitamins and active ingradients of Moringa plant (*Moringa oleifera* Lam.) . The experiment was carried out in 15 kg soil capacity pots in a private nursery in Kerbala province during 2018-2019 growing season . The experimend was arranged as a facterial experiment within Completely Randomized Design (C.R.D.) with three replicates . The factors were two methods of Iron application (foliar and soil), mineral Iron $FeSO_4.7H_2O$ at 0 , 0.9 and 1.8 $g.l^{-1}$ which equivalent to 0 , 180 and 360 $mg.l^{-1}$, and three levels of nano Iron 0 , 2 and 4 $g.l^{-1}$ which equivalent to 0 , 180 and 360 $mg.l^{-1}$.

Seeds of Moringa were sown in plastic beds on 21/3/2019 , seedlings were transplanted into pots on 15/4/2019 , one seedlng per pot was planted . Some seedlings were taken for growth and mineral determination befor treatments application (i.e. at 4-6 leaves stage) . Application of nano- and mineral Iron were done on 21/5/2019 and 22/5/2019 respectively . The second and third treatments application were carried out one and two months after the first treatments application . After seven months i. e. on 20/10/2019 transplants were terminated , morphological parameters were recorded , physiological , biochemical and anatomical properties were determined . Data were statistically analyzed and means were compared by using Least Significant Difference (L.S.D.) at 0.05 probability level .

Results could be summarized as fellow :

1 – No significant effect was found due to the method of Iron application for plant height , AGR , RGR , the activity of Catalase enzyme , Flavonoids , Campesterol and the rate of absorption and transport of nitrogen . Meanwhile, there was a significant influence on the rest of properties . In

general , soil application of Iron was superior on the foliar application in most studied traits .

2 – Positive effect of mineral Iron was appeared on the most studied parameters where 360 $mg.l^{-1}$ Iron was the best . The concentration of Iron 180 $mg.l^{-1}$ gave higher values of leaves number , absolute and relative growth rate nitrogen and protein percentages , content of chlorophyll and carbohydrates in leaves and Stearic acid giving values of 31.44 leaves , 4.675 $g.day^{-1}$,10.27 $g.g^{-1}.day^{-1}$, 2.176 % , 13.601 % , 13.41 $mg.g^{-1}$, 21.93 $\mu g.gm^{-1}$ dry weigh , and 5.87 % , respectively .

3 – Apart from one case (i.e. root diameter) nano-Iron had a marked effect on the studied parameters, nano Iron at 360 $mg.l^{-1}$ increased morphological , physiological and biochemical traits compared with the control treatment. Nano-Iron at 180 $mg.l^{-1}$ significantly increased N% , Protein % and α-Linolenic acid giving the values of 2.197 % ,13.729 % and 3.081 % , respectively .

4 – The interaction between method of Iron application and mineral Iron had no effect on the most studied parameters. However , these interaction between these two factors showed a significant effect due to Iron level at 360 $mg.l^{-1}$ with either ways of Iron application .

5 – The interaction between method of application and nano-Iron gave a signification effect on the most studied parameters where 180 $mg.l^{-1}$ increased plant height , N % , Protein % giving the volues of 190.22 cm , 2.276 % and 14.222 % , respectively . Nano-Iron at 360 $mg.l^{-1}$ markedly affected the most studied parameters .

6 – The interaction between mineral and nano-Iron statistically affected the most studied parameters where 360 $mg.l^{-1}$ of each gave higher values of the most studied traits . Mineral Iron of 180 $mg.l^{-1}$ with 360 $mg.l^{-1}$ nano-Iron showed higher values of P % and its rate of absorption and transport , Ascorbic acid ($mg.\ kg^{-1}$) , G-Sitosterol % and Stigmasterol % . Mineral and

nano-Iron at 180 mg.l^{-1} gave higher values of leaves number, Absolute and Relative growth rate , N % and Protein % in leaves .

7 – The interaction between the three factors profoundly affected plant height , stem diameter , branches number , leaves number , dry weights of shoots and roots , root/shoot ratio , N,P,K,Fe % in leaves and theire rate of absorption and transport , protein % , total carbohydrates(µg.gm^{-1} dry weigh) , Ascorbic acid (mg. kg^{-1}), α-Tocopherol (mg. kg^{-1}), Linolenic acid % , Linoleic acid % , Stearic acid % , Campesterol % and Stigmasterol % . The tri-interaction also affected all studied anatomical properties including leaf epidermis and stem of moringa plant .

8- The effect of metallic and nanocrystalline iron and the method of adding them significantly on all the anatomical features under study in the upper and lower epidermis of plant leaves, including the number and length of hairs, width and length of epidermal cells, number of epidermal cells, number and width of stomata and stomatal index, where the concentration exceeds Mineral Iron of 360 mg.l^{-1} with 360 mg.l^{-1} nano-Iron in the most of the traits under study than other concentrations, and the treatments used affected the anatomical features of the stem of the plant, including the thickness of the epidermis and subcutaneous, the thickness of the melanocytic and collinocytic tissue, the thickness of the bark and wood tissue, the diameter of the pulp and the length of the filaments exceeding the concentration Mineral Iron of 360 mg.l^{-1} with 360 mg.l^{-1} nano-Iron in all the characteristics under study in which the ground fertilization method surpassed the foliar fertilization in giving the best results .

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education & Scientific Research
University of Karbala
College of Education for Pure Science
Department of Biology

The influence of application method of different levels of mineral and chelated nano-Iron on some physiological, biochemical and anatomical properties of *Moringa oleifera* Lam.

A Thesis Submitted
to the council of the College of Education for Pure Sciences, University of Karbala In Partial Fulfillment of the Requirements for the Ph.D Degree in Biology-Botany

By

Jawad Kadhim Obaid Al-Hujayri

B. Sc. Biology-Kerbala University / 2001
M. Sc. Biology-Kerbala University / 2013

Supervised By

Prof. Dr.
Abdoun Hashim Alwan

Assit. Prof. Dr.
Neepal Imtair Al-garaawi

1442 AH **2020 AD**