جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة ديالى – كلية الزراعة

قسم علوم التربة والموارد المائية

تاثير اضافة الفيرميكومبوست وفطر المايكورايزا وحامض الهيومك في بعض صفات التربة ونمو وحاصل الفلفل *Cupsicum annuum* L. تحت ظروف الزراعة المحمية

رسالة مقدمة إلى مجلس كلية الزراعة في جامعة ديالى

وهي جزء من متطلبات درجة الماجستير في العلوم الزراعية

(علوم التربة والموارد المائية)

من قبل

عقيل محمد عباس التميمي

بإشراف

أ.م.د حسن هادي مصطفى العلوي

1444هـ 2022 م

{قَالُواْ سُبْحَانَكَ لاَ عِلْمَ لَنَا إِلاَّ مَا عَلَّمْتَنَا
إِنَّكَ أَنتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ}

سورة البقرة (الاية/32)

الاهداء

إلى مقام سيدي ومولاي الإمام

علي بن أبي طالب (عليهما السلام) أمير القلوب والعقول والأرواح ...

إلى ملاذ الأمم ومنقذها الإمام الحجة (عجل الله فرجه)شوقاً وانتظاراً ...

إلى من ربّياني صغيرا ...

أبي وأمي رحمهما الله تعالى ...

إلى سندي في الحياة إخوتي الأعزاء ...

إلى السيدة التي أشعلت لي قناديلًا تنير دروبي بالودّ زوجتي العزيزة ...

إلى من حلّت بركة وجودهم في حياتي ومن ملأت ضحكاتهم الجميلة عمري أولادي الأعزاء ...

إلى الأوفياء الذين ما انفكّوا يومًا عن تقديم العون والمساعدة والدعم لي في أحلك الظروف أصدقائي الأعزاء ...

إلى كل من علّمني أساتذتي الأفاضل ...

عقيل التميمي

بسم الله الرحمن الرحيم

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خير خلق الله محمد واله الطيبين الطاهرين واصحابه المنتجبين

اما بعد.

بعد ان هداني الله سبحانه وتعالى بإنجاز هذه الرسالة لا يسعني الا ان اتوجه بجزيل الشكر والامتنان الى رئاسة جامعة ديالى وعمادة كلية الزراعة قسم علوم التربة والموارد المائية على سعة صدورهم بمنحي فرصة اكمال دراستي .

كما اتقدم بوافر امتناني وتقديري واحترامي الى استاذي ومشرفي الدكتور حسن هادي مصطفى والى لجنة المناقشة رئيسا وأعضاء والى جميع منتسبي كلية الزراعة في جميع اقسامها اساتذة ومنتسبين لتقديمهم العلم والنصيحة والشكر الجزيل لموظفي الدراسات العليا والى المكتبة المركزية واخص بالذكر منهم الدكتور سلام العزي لرحابة صدره وارشفته للرسائل والاطاريح وانشاء المكتبة الالكتروني والتي استفدنا منها كثير خلال فترة جائحة كورونا .

كذلك اقدم شكري وتقديري الى كافة زملائي من طلبة الدراسات العليا بالاخص الأخوة الأعزاء حسن رشيد جاسم وصاحب القلب الطيب والصدر الرحب الأستاذ قيس نصيف جاسم والدكتورعلي فيصل عزيز الذين كانوا عونا لي في اكمال مسيرتي الدراسية .

عقيل التميمي

1- المقدمة Introduction

ان الفيرميكومبوست هو سماد عضوي طبيعي يتم انتاجه عن طريق ديدان الارض وقد اثبتت الدراسات الحديثة تاثيره الايجابي في صفات التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية كتحسين تهوية التربة وزيادة احتفاظها بالماء واضافة لكونه مصدرا للعديد من المغذيات الكبرى والصغرى (Padamanabhan,2021).

تتميزفطريات المايكورايزا بخيوطها الفطرية التي تمتد في التربة وتمتص العناصر الغذائية البعيدة عن المجموع الجذري وتجعلها متاحة لامتصاصها من قبل جذور النبات وكذلك ترتبط هذه الخيوط الفطرية بجذور النباتات وتجعلها اكثر كفاءة في امتصاص المغذيات ومنها الفسفور (Berger وGutjahr ,2021) .

يعد حامض الهيومك من الاحماض العضوية الدبالية المهمة لاحتوائه على العديد من العناصر الغذائية مما حدى بالباحثين لضافته للمحاصيل الزراعية وخاصة بطريقة الرش الورقي التي اثبتت نجاحها في زيادة نمو النبات وانتاجيته وزيادة نمو المجموع الخضري والجذري والذي ينعكس على كمية ونوعية الحاصل (Kteczek و Anielak, 2021).

ينتمي الفلفل (*Capsicum annuum* L.) الى العائلة الباذنجانية(Solanaceae) وينمو بنجاح تحت ظروف الزراعة المحمية غير المدفأة وقد وجدت الدراسات الحديثة استجابة نبات الفلفل للتسميد العضوي.تحتوي ثمار الفلفل على 4.8% الكربوهيدرات 1.2% من والبروتينات إضافة إلى احتوائها على البوتاسيوم والكالسيوم والفلوريد التي تمنع تسوس الأسنان كما يحتوي على فيتامينات A وC و E (AL-Salami و Abbas ، 2021) .

ان المساحة الكلية المزروعة بالفلفل الاخضرفي العراق لسنة 2019 بلغت 13059 دونم ومتوسط الانتاجية للمساحة المزروعة 1769.8 (كغم دونم$^{-1}$) وبلغ الانتاج الكلي 23112 طن (الجهاز المركزي للاحصاء ، 2019) .

اعتمادا على ماسبق ذكره من الاتجاه للزراعة الامنة والابتعاد عن استعمال الاسمدة الكيميائية ولكون محصول الفلفل من محاصيل الخضرالمهمة والتي تحتاج الى برنامج تسميد متكامل نظراً لطول موسم نموه نسبة الى محاصيل الخضر الاخرى فقد هدفت هذه الدراسة الى :

1- دراسة تاثير الفيرميكومبوست و فطر المايكورايزا وحامض الهيومك وبمستويات مختلفة في نمو وحاصل الفلفل وبعض صفات التربة الفيزيائية والكيميائية.

2- دراسة تاثيرعوامل الدراسة مجتمعة في جاهزية العناصر الغذائية وامتصاصها من قبل النبات.

2- مراجعة المصادر Letriture Review

2-1: مفهوم الزراعة النظيفة Clean Farming Concept

هي اسلوب اونظام انتاجي زراعي اقتصادي بيئي متكامل والذي يتجنب فيه استخدام المواد الكيميائية سواء التسميد او المبيدات , ان اضافة السماد العضوي استراتيجية فعالةً لتحسين جودة التربة المالحة والقلوية ويؤدي إلى زيادة محتوى التربة من المغذيات والاحياء المجهرية ونشاط إلانزيمات في التربة ونمو النبات مقارنة بالأسمدة المعدنية ويحفز انتشارها بشكل جيد والتي بدورها تلعب دورا فعالا في تسهيل امتصاص العناصر الغذائية وتحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة (Zhang واخرون ,2021).

ان مفهوم الزراعة النظيفة باستخدام الاسمدة العضوية بانواعها المختلفة تمثل نظاما صديقا للبيئة حيث توفر العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات اذ يكون امداد العناصر بشكل مستمر مما يزيد من كفاءة امتصاص المغذيات اذ ان الأسمدة العضوية غنية بالعناصر الغذائية الكبرى والصغرى والمركبات النشطة ، بينما تعتمد الأسمدة الكيمائية المعدنية أساسًا على النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم ، مع بعض الإضافات للعناصر الصغرى (Roosda واخرون ,2021).

ان الاستخدام المفرط للأسمدة الكيمائية على نطاق واسع تؤثر سلبًا على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة ، وبذلك فإنه يؤثر سلبًا على جودة المحاصيل اما السماد العضوي فله مزايا عديدة مقارنة بالأسمدة الكيمائية (Rizwan واخرون ,2021) ، ان الاستخدام المفرط للأسمدة النيتروجينية يؤدي إلى انخفاض الحاصل وجودته كما يؤدي الى تدهور خصوبة التربة وانخفاض المادة العضوية وكذلك يؤدي إلى تلوث خطير للمياه (Qi واخرون ,2021).

ان استخدام الأسمدة الكيمائية ويؤدي إلى تلوث المياه حيث أن المحاصيل تمتص فقط 30 إلى 50٪ من الأسمدة الكيميائية و الكمية المتبقية من العناصر الكيميائية تتغلغل الى التربة وتلوث المياه الجوفية, وأن الاستخدام المفرط للأسمدة الكيمائية يؤدي الى تدهور جودة التربة في الأراضي المزروعة (Xie واخرون ,2021).

2-2 : الاسمدة العضوية Organic Fertilizers

يعد استخدام الأسمدة العضوية من الحلول الرئيسية لإنشاء نظام إنتاجي زراعي صديق للبيئة اذ تتكون بشكل أساسي من مخلفات الحيوانات والنباتات و التي يمكن أن تحسن من خصوبة التربة بشكل طويل الأمد وبالتالي فإن اضافة الأسمدة العضوية يمكن أن يزيد المادة العضوية في التربة ويحسن نشاط أنزيماتها والكائنات الحية الدقيقة (Xie واخرون ,2021).

الاسمدة العضوية تتكون من جزيئات عضوية ناتجة عن تحلل بقايا النباتات والحيوانات والكائنات الميتة وبقايا الطعام من قبل الاحياء المجهرية. الأسمدة العضوية وهي أسمدة مشتقة من نباتات ميتة اومخلفات الحيوانات أو غيرها من المخلفات العضوية في حالتها الصلبة أو السائلة ومن الكائنات الحية الدقيقة التي تفيد في زيادة محتوى المغذيات والمواد العضوية في التربة ويمكن أن تحسن الخواص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة وتزيد الأسمدة العضوية من نشاط الاحياء الدقيقة في التربة ، التي تؤدي الى جاهزية N وP و K في صور جاهزة للامتصاص من قبل النبات (Anhar واخرون ,2021 و Lazcano واخرون ,2021).

ان اضافة الأسمدة العضوية له دور كبير في زيادة المسامية الكلية ، وكذلك تحسن قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه والحفاظ على الرطوبة في المناطق المرتفعة ، والتي يؤدي إلى تحسين امتصاص الجذور للمغذيات ، أن استخدام الأسمدة العضوية يحسن من جودة المحاصيل بشكل كبير ، من خلال تعزيز توازن المغذيات, كما انها تكون قادرة على تحسين بنية التربة و تطورها ، وتحفيز الجذور النباتية بشكل أفضل حتى تتمكن النباتات من البحث عن الماء والمغذيات على نحو افضل مما يؤدي إلى تحسين خصوبة التربة وزيادة كفائتها وبالتالي تحسين نمو النبات (Rizwan واخرون ,2021) .

ان استخدام الأسمدة العضوية أمر مهم لاستدامة اطلاق المغذيات و تعمل على زيادة المجموع الخضري و الجذري للنبات مما يسمح للنباتات بالحصول على كميات اكبر من الماء , كما انها لا تحسن من محتوى المادة العضوية في التربة فحسب بل توفر أيضًا المغذيات الضرورية لنمو النبات اضافة إلى ذلك تعزز تواجد الاحياء المجهرية النافعة لنمو النبات وزيادة انتاجيته, اذ تلعب الكائنات الحية الدقيقة في التربة دورًا مهمًا في توفير المغذيات في التربة

وتحسين الخواص الكيميائية والحيوية في التربة وهي أيضًا مؤشرات مهمة على جودة وصحة التربة (Chen واخرون 2021).

ان استخدام الأسمدة العضوية يحافظ بشكل أفضل على خصوبة التربة مثل بناء التربة وتجهيز المغذيات والقدرة على تبادل الكاتيونات والانيونات كما ان الأسمدة العضوية يكون إطلاقها للمغذيات سريعا وبذلك انها تجهز العناصر الغذائية بشكل مستمر (Wan واخرون2021).

توجد أنواع مختلفة من الأسمدة العضوية مثل سماد دودة الارض(الفيرمي كومبوست) وهواحد انواع الاسمدة العضوية و المتكون من مجموعة متنوعة من الكائنات الحية الدقيقة المفيدة والتي لها دور كبير في تنشيط التربة ، وتعزيز الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة وزيادة التنوع البيولوجي للتربة وتحسين أنشطة إنزيمات التربة ويمكن للكائنات الحية الدقيقة ان تفرز مواد لتحفيز نمو الجذور والنباتات , (Qi واخرون ,2021).

2-2-1: سماد الفيرميكومبوست Vermi Compost

ان سماد الفيرميكومبوست هو شكل من أشكال الاسمدة الناتجة عن تحلل المخلفات العضوية بواسط ديدان الأرض , وهي من الاسمدة الغنية بالمغذيات ويسهل امتصاصها بسهولة من قبل النبات وتعمل على تحسين صفات التربة وتعمل على زيادة المواد العضوية في التربة و تقليل الاحتباس الحراري وانبعاث الغازات (Greco واخرون, 2021).

ان سماد الفيرميكومبوست هو أحد الأسمدة عالية القيمة الغذائية ويكون محتواها من العناصر الغذائية أعلى بعشر مرات من فضلات الحيوانات كما انه محفز نمو جيد للنباتات يحتوي على كميات كبيرة من الفيتامينات والهرمونات والإنزيمات ومختلف المغذيات النباتية, وكذلك يحتوي السماد الدودي على نسبة عالية من المغذيات الصغرى كالحديد والنحاس والزنك والمنغنيز اذ يؤثر نمو ديدان الأرض وأدائها كثيرًا في المحتوى الغذائي للمواد العضوية المختلفة المستخدمة في التسميد العضوي الدودي (Sarker وKashem ، 2021).

يحفز سماد الفيرميكومبوست نمو النباتات وتطورها بشكل مباشرعن طريق إنتاج الهرمونات والإنزيمات التي تنظم النمو والقضاء على مسببات الأمراض والآفات

وبذلك فهو يساهم في التنمية المستدامة للزراعة من خلال الإدارة الآمنة للمخلفات كما انه لا يؤثر سلبًا على البيئة الطبيعية وإن وجود الاحياء المجهرية المفيدة في التربة التي يتم تحفيزها بواسطة سماد الفيرميكومبوست أمر مرغوب فيه للغاية لاكتساب التربة عناصر غذائية مختلفة (Przemienieckia واخرون ,2021).

ان سماد الفيرميكومبوست ناتج عن معالجة المخلفات العضوية في الجهاز الهضمي لديدان الأرض و تتضمن هذه العملية الأكسدة الحيوية وتثبيت المركبات العضوية من خلال العمل المشترك لديدان الأرض والكائنات الحية الدقيقة وبالتالي فإن سماد الفيرميكومبوست الذي يتم الحصول عليه هو سماد يحتوي على العناصر الغذائية الجاهزة للنباتات (Loera-Muro واخرون ، 2021).

ان تحويل المواد العضوية إلى مشتقات الدبال بواسطة ديدان الأرض هي عملية منخفضة التكلفة وصديقة للبيئة وبالتالي فإن سماد الفيرميكومبوست ذات مسامية عالية وتهوية جيدة وتصريف عال كما انه يحتفظ بالمياه من خلال التخزين المؤقت بالاضافة الى احتوائه على العديد من العناصر الغذائية مثل N و P و K و Ca و Mg و S و Fe و Mn و Zn و Cu و B مما يجعله متاحا للنباتات كما أنه يحسن الخصائص الكيميائية والبيولوجية للتربة بمزاياها الغذائية الأفضل من السماد التقليدي و يؤثر هذا إيجابيا على تغذية النبات والتمثيل الكاربوني والمحتوى الغذائي للجذور والبراعم والثماروبذلك فإنه يعززمقاومة النباتات للامراض و يعزز نمو النبات من خلال إنتاج الهرمونات والأنزيمات التي تنظم نمو النبات لذلك يُنظر إلى هذا السماد العضوي على أنه بديل جيد للأسمدة غير العضوية (Ozyazici وTuran ,2021 .

يعتبر سماد الفيرميكومبوست أحد أكثر مصادر التغذية النباتية غير الكيميائية ملائمة والتي لها تأثير إيجابي في صفات التربة وكذلك نمو النبات عن طريق تحسين استقرار تجمعات التربة والكثافة الظاهرية والمسامية وحرارة التربة بالإضافة إلى ذلك فإنه يحفز ويزيد من امتصاص العناصر الغذائية من قبل النباتات ويستخدم كمبيد حيوي للامراض البكتيرية والفطرية للنبات ويزيد من كثافة الكائنات الحية الدقيقة المفيدة في التربة ويحفز الهرمونات المعززة للنمو (Atteya واخرون ,2021).

2-2-1-1: تاثير سماد الفيرميكومبوست في صفات التربة

تستعمل الاسمدة العضوية بشكل كبير في الزراعة وخاصة سماد الفيرميكومبوست الذي يمتاز بقدرته على تحسين صفات التربة وتزويدها بالمغذيات الكبرى والصغرى ويعتبر بديلا للاسمدة الكيميائية التي تؤثرسلبا على جميع الانظمة البيئية (Allahyari واخرون ، 2023) ، كما يؤدي الى زيادة خصوبة التربة ويزيد من النشاط الانزيمي في التربة (Aksoy واخرون , 2022).

ان اضافة سماد الفيرميكومبوست الى التربة يعمل على زيادة مساميتها وكذلك تحسين الصرف والتهوية فيها ويعمل على زيادة قابليتها للاحتفاظ بالرطوبة وله القدرة على مواجهة الاجهادات الحيوية وغير الحيوية (Castro-Rivera واخرون , 2022).

لاحظ Barchia وInorian ، 2021) عند اضافة سبعة مستويات من الفيرميكومبوست (0 و 5 و 10 و 15 و 20 و 25 و 30 طن هـ$^{-1}$) الى التربة ان الفسفور الجاهز بلغ اعلى مستوى له عند اضافة 20 طن هـ$^{-1}$ من سماد الفيرميكومبوست اذ بلغ 23 ملغم كغم$^{-1}$ في حين بلغت معاملة المقارنة 8.57 ملغم كغم$^{-1}$.

اشار Sohel و Gosh (2021) ان اضافة سماد الفيرميكومبوست للتربة بمقدار 3 طن هـ$^{-1}$ اظهر وجود فروق معنوية في صفات التربة اذ بلغ تركيز النيتروجين الجاهز 0.10 % قياسا بمعاملة المقارنة التي بلغت 0.08 % وبلغ تركيز الفسفور الجاهز 12 ملغم . كغم$^{-1}$ قياسا بمعاملة المقارنة التي بلغت 4 ملغم . كغم$^{-1}$ وبلغ تركيز البوتاسيوم الجاهز 0.12 ملغم . كغم$^{-1}$ قياسا بمعاملة المقارنة التي بلغت 0.04 ملغم . كغم$^{-1}$

اشار Ebrahimi واخرون (2021) الى ان اضافة سماد الفيرميكومبوست بمقدار 1500 غم م$^{-2}$ اظهر وجود فروق معنوية في صفات التربة الكيميائية فقد بلغ تركيز النتروجين 12.0 ملغم كغم$^{-1}$ قياسا بمعاملة المقارنة التي بلغت 8.3 ملغم كغم$^{-1}$ وبلغ تركيزالفسفور 156.0 ملغم كغم$^{-1}$ قياسا بمعاملة المقارنة التي بلغت 123.7 ملغم كغم$^{-1}$ وبلغ تركيزالبوتاسيوم 254.2 ملغم كغم$^{-1}$ قياسا بمعاملة المقارنة التي بلغت 218.1 ملغم كغم$^{-1}$.

2-2-1-2: تاثير سماد الفيرميكومبوست في نمو وحاصل النبات

لاحظ Awadhpersad واخرون (2021) في تجربة اجروها على نبات الفلفل لمعرفة استجابته لاضافة سماد الفيرميكومبوست بمقدار 400 غم لكل نبات ادى ظهور فروق معنوية في ارتفاع النبات اذ بلغ 100.90 سم في حين بلغت معاملة المقارنة 85.83 سم اما الوزن الرطب للمجموع الخضري فقد بلغ 456 غم نبات$^{-1}$ وفي معاملة المقارنة بلغ 160 غم نبات$^{-1}$ والوزن الجاف للمجموع الخضري بلغ 220 غم وفي معاملة المقارنة بلغ 83 غم نبات$^{-1}$ والوزن الرطب لمجموع الجذري بلغ 11.45 غم نبات$^{-1}$ وفي معاملة المقارنة بلغ 8.00 غم نبات$^{-1}$ والوزن الجاف للمجموع الجذري بلغ 46.67 غم نبات$^{-1}$ وفي المقارنة بلغ 24.54 غم نبات$^{-1}$.

بين Chatterjee واخرون (2021) في دراستهم على نبات الفلفل استجابته لاضافة ستة عشر نوعا من سماد الفيرميكومبوست اذ ادى الى وجود فروق معنوية في صفات نمو النبات اذ بلغ اعلى ارتفاع للنبات 66.1 سم وفي المقارنة بلغ41.1 سم وبلغ اعلى محتوى لكلوروفيل a 8.70 ملغم غم$^{-1}$ وزن رطب وفي المقارنة بلغ 2.10 ملغم غم$^{-1}$ وزن رطب و اعلى محتوى كلوروفيل b بلغ 10.4 ملغم غم$^{-1}$ وزن رطب وفي المقارنة بلغ 1.60 ملغم غم$^{-1}$ وزن رطب.

وضح Sohel وGhosh (2021) بدراستهما التي اجروها على نبات الفلفل ان اضافة 3طن هـ$^{-1}$ من سماد الفيرميكومبوست ادى الى ظهور فروق معنوية في ارتفاع النبات ليبلغ 57.55سم بينما انخفض في معاملة المقارنة الى 52.36سم وبلغ عدد الاوراق 160.50 ورقة نبات$^{-1}$ وفي معاملة المقارنة 157.95ورقة نبات$^{-1}$ وبلغ الحاصل الكلي 8.93 طن هـ$^{-1}$ وفي معاملة المقارنة 4.01 طن هـ$^{-1}$.

اشار Pereira-Louisواخرون (2021) ان اضافة سماد الفيرميكومبوست لنباتي الفلفل والطماطة ادى الى زيادة تركيز النيتروجين في اوراق نبات الفلفل اذ بلغ 2.87 % قياسا بمعاملة المقارنة التي بلغت 1.94 % وتركيزالبوتاسيوم 5.28 % قياسا بمعاملة المقارنة 5.13 % اما في الطماطة بلغ تركيز النيتروجين 1.69 % قياسا بمعاملة المقارنة 1.25 % وتركيزالفسفور0.42 % قياسا بمعاملة المقارنة 0.36 % وتركيزالبوتاسيوم 2.74 % قياسا بمعاملة المقارنة 1.73 %.

وجد Mostofa واخرون (2021) ان اضافة سماد الفيرميكومبوست باربع مستويات(0 و 3 و 6 و 9 طن هـ$^{-1}$) ادى الى زيادة حاصل الدرنات الكلي للبطاطا اذ بلغ 27.42 طن هـ$^{-1}$ عند المستوى 9 طن هـ$^{-1}$ بينما بلغ في معاملة المقارنة 17.86 طن هـ$^{-1}$.

اشار Khurshid واخرون (2021) في دراستهم على نبات الفلفل عند اضافة سماد الفيرميكومبوست بمقدار 4 طن هـ$^{-1}$ الى ظهور فروق معنوية في ارتفاع النبات الذي بلغ 51.36 سم وفي معاملة المقارنة بلغ 30.24 سم اما حاصل النبات الواحد فقد بلغ 381.35 غم نبات$^{-1}$ وفي معاملة المقارنة 85.31 غم نبات$^{-1}$.

بين Mochache واخرون (2021) عند اضافة ثلاث انواع من سماد دودة الارض وهي مخلفات الشاي (54 طن هـ$^{-1}$) ومخلفات الدواجن (22.22 طن هـ$^{-1}$) ومخلفات التسوق (12.22 طن هـ$^{-1}$) ادى الى زيادة الحاصل القابل للتسويق لنبات الطماطة اذ بلغ 82.22 و 114.77 و112.66 طن هـ$^{-1}$ لمخلفات السوق ومخلفات الدواجن ومخلفات الشاي على التوالي بينما في معاملة المقارنة بلغ 28.11 طن هـ$^{-1}$.

بين Ebrahimi واخرون (2021) ان استجابة نبات الباذنجان لاضافة سماد الفيرميكومبوست وبمستوى 1500 غم نبات$^{-1}$ حيث بلغ ارتفاع النبات 101.7سم وفي المقارنة بلغ 93.5 سم اما الوزن الجاف للمجموع الخضري بلغ 588.3 غم نبات$^{-1}$ قياسا بمعاملة المقارنة التي بلغت 548.3 غم نبات$^{-1}$ بينما الوزن الرطب للمجموع الجذري بلغ 186.3 غم نبات$^{-1}$ وفي معاملة المقارنة بلغ155.1 غم نبات$^{-1}$ واما الوزن الجاف للمجموع الجذري فقد بلغ 74.7 غم نبات$^{-1}$ قياسا بمعاملة المقارنة التي بلغت 62.3 غم نبات$^{-1}$ وبلغ محتوى كلوروفيل a 5.5 ملغم غم$^{-1}$ قياسا بمعاملة المقارنة التي بلغت 4.0 ملغم غم$^{-1}$ وبلغ محتوى كلوروفيل b 2.1 ملغم غم$^{-1}$ وفي معاملة المقارنة بلغ 1.5 ملغم غم$^{-1}$ وبلغ تركيزالنتروجين في الاوراق 2.7 % وفي المقارنة بلغ 2.3 % وبلغ تركيزالفسفورفي الاوراق 0.4 % وفي المقارنة بلغ 0.3 % وبلغ تركيزالبوتاسيوم في الاوراق 0.8 % قياسا بمعاملة المقارنة التي بلغت 0.6 % .

3-2: المايكورايزا Mycorihza

تعد العلاقة التعايشية بين المايكورايزا وجذور معظم النباتات واحده من أهم العلاقات التكافلية على وجه الارض وتعد المايكورايزا نظام ناقل بين التربة والنبات إذ تنقل الماء والمغذيات الى النبات والذي بدوره ينقل نواتج التمثيل الكاربوني الغنية بالكاربون الى الفطر (سلمان وحميد , 2017) ويزيد تحمل النبات الى الاجهادات البيئية ويحسن نمو النبات بزيادة توفر العناصر المغذية كالنتروجين والفسفور والبوتاسيوم(عيسى ومحيبس , 2020).

المايكورايزا هي فطريات تكافلية تتكون من تعايش بين الفطر والنبات ويحدث هذا التعايش مع جذور النباتات حيث تمتد الخيوط الفطرية فتستعمر جذور نبات الاصل (Ho-Plagaro واخرون ,2021).

تلعب آليات عمل هذه الكائنات الدقيقة المفيدة دورًا مهمًا في تحسين خصوبة التربة ونمو النبات اذ تم عزل العديد من سلالاتها المفيدة في منطقة الجذور لتعزيز إنتاجية النبات وتستخدم في التكنولوجيا الحيوية وينظر باحثو التربة إلى الفطريات الجذرية المعززة لنمو النبات على أنها كائنات دقيقة تلعب دورًا حيويًا في ضمان توافر العناصر الغذائية في التربة لتعزيز نمو النبات لأنها وسيلة صديقة للبيئة وفعالة من حيث التكلفة لتعزيز إنتاجية المحاصيل وخصوبة التربة (Fasusi واخرون,2021).

ذكر السامرائي والتميمي (2018) توجد ثلاثة أنواع من المايكورايزاهي المايكورايزا الخارجيه(Ectomycorrhizae) و المايكورايزا الداخلية(Endomycorrhizae) و المايكورايزا الخارجيه الداخلية endomycorrhizae-Ecto).

تستخدم الفطريات الجذرية الشجيرية كسماد حيوي بيئي بديل من حيث تشارك في الحفاظ على النظم البيئية وانتاجية المحاصيل الزراعية وتسهل نقل المغذيات وتحسن معدل التمثيل الكاربوني ان الية عمل الفطريات الجذرية هي المنافسة المباشرة لمواقع الاختراق والمساحات والمغذيات و تكوين الإفرازات الجذرية وتعديل مورفولوجيا الجذر و تنشط آليات الدفاع في النبات (Herrera-Parra واخرون,2021).