6. الفطريات Fungi

مع أن البكتيريا أكثر الكائنات الحية عدداً فى التربة، إلا أنه نظراً لصغر حجم الخلية التى نادراً ما تزيد عن5 مايكروميتر فى الطول، وكبر حجم هيفات الفطريات، فإنه فى التربة جيدة التهوية والمنزرعة قد تمثل الفطريات جزءاً أكبر من الوزن الكلى للبروتوبلازم الميكروبى، إذ تعتبر المسؤول الاول من تحلل المواد العضوية في التربة يزيد اعدادها وتنوعها عند اضافة السماد للتربة وتعتبر رطوبة التربة من العوامل المحددة النتشار الفطريات)عندما تقل الرطوبة يؤدي الى انخفاض اعداد وانواع الفطريات في التربة، هذا ويوجد ميسيليوم الفطريات فى التربة على شكل شبكة من الخيوط تتخلل حبيبات التربة وتربط الحبيبات مع بعضها ويظهر هذا بوضوح عند استخدام طرق فحص المجهرية خاصة أو باستخدام طريقة الشريحة المدفونة، ولقد بينت الدراسات أن التربة الخصبة قد تحتوى ما بين 10 – 100 متر من خيوط الفطر لكل غرام مما يعطى 200 – 2000 كغم / فدان.

تنمو الفطريات على صورة هايفات كثيفة متشابكه مكونه نسيجا يعرف بالمايسليوم والمايسليوم اما ان يكون مقسما بجدران عرضية او يكون غير مقسم وفي الحاله الثانية يكون سايتوبلازم هايفات الفطر كتلة واحده عديدة االنوية.

الهايفات نوعان خضرية وثمرية وعادة الهيفات الثمرية تحمل السبورات الجنسية واللاجنسية. السبورات الجنسية محدودة الانتشار اما اللاجنسية فهي واسعه االنتشار.

تلعب اشكال واحجام الفطر ونوع السبورات التي تستطيع انتاجها وطبيعة التراكيب الحافظه لتلك السبورات دورا مهما في تصنيف الفطريات.تلعب الفطريات بالاشتراك مع البكتريا دورا مهما في التربة حيث تعتبر بالدرجه الاساس في تحلل المواد العضوية في الترب الحامضية كما ان اعدادها تزداد بشكل كبير جدا في ترب الغابات والترب الغنية بالمواد العضوية.

يقسم الباحثون الفطريات الى عدة صفوف على اساس طرق تكاثر ونوع السبور الجنسي ومن هذة الصفوف

- **الفطريات الناقصة** Deuteromycetes تتميز الاجناس التابعه لهذا الصف بانها تتكاثر الجنسيا فقط عن طريق تكوين الكونيدات محمولة على حامل الكونيدات conidiophore. يمتاز مايسيليوم الاجناس التابعه لهذا الصف بكونه مقسمه.
- **الفطريات الزيجية Zygomycetes** تتميز بتكوينها جراثيم جنسية زيجية تعرف Zygospore كما ان المايسيليوم غير مقسم بحواجز ويمكنها ان تتكاثر الجنسيا وجنسيا واشهرها جنس .Mucor sp.

اما بقية الصفوف فعلى الرغم من تواجدها في التربة الا انها ليست مستوطنه اي انها تبقى فترة في التربة حتى تجد العائل المناسب لها

- ومنها الفطريات البيضية Oomycetes والفطريات البازيدية Basidomycetes.
- اما الخمائر هي فطريات وحيدة الخلية تتكاثر بالتبرعم او التجزء وبعض االخر يتكاثر جنسيا لكن اعدادها ونشاطها في التربة محدود مقارنه بالفطريات االخرى واشهر انواع الحمائر في الترب Candida و Pichia

ومن أهم العوامل المؤثرة على فطريات التربة

1. **الرقم الهيدروجيني pH** فمن المعروف أن كثيراً من فطريات التربة يمكنها أن تنمو فى مدى واسع من الـ pH ولكن نظراً لأن البكتيريا والأكتينوميسيتات تكون أقل انتشاراً فى الأراضى الحامضية فإن الفطريات تسود فى هذه الأراضى، وهذه السيادة لا ترجع فقط الى أن الظروف الحامضية ملائمة أكثر للفطريات ولكن أيضاً لعدم وجود تنافس بين الفطريات والأحياء الأخرى.
2. **درجة الرطوبة:** تؤثر درجة الرطوبة أيضاً على مدى انتشار الفطريات فى الأراضى، فلقد وجد أن إضافة المياه للأراضى الجافة تزيد من نمو الفطريات ولكن يجب أن نلاحظ أن الفطريات عموماً أكثر تحملاً للجفاف عن البكتيريا لذلك تكون نسبتها عالية فى الأراضى نصف الجافة، من ناحية أخرى الرطوبة العالية تؤثر على نمو الفطريات لما لها من تأثير عكسى على التهوية خصوصاً وإن الفطريات هوائية، لذلك فهى تكون قليلة فى الأراضى الغدقة سيئة التهوية.
3. **درجة الحرارة** أغلب الفطريات محبة للحرارة المتوسطة Mesophilic ولو أن هناك بعض السلالات المحبة للحرارة المرتفعة Thermophilic تسود فى أكوام السماد المتحللة مع ارتفاع درجة الحرارة والتى تلعب دوراً هاماً فى نضج السماد.

طرق دراسة فطريات التربة توجد طرق عديدة للتعرف على فطريات التربة ودراستها من هذة الطرق

1. **طريقة الاطباق** :

وهذه الطريقه واجهت مشاكل سيادة البكتريا والاكتينومايسيتات وللتغلب على هذه المشكله يتم اللجوء الى خفض pH الوسط الى اقل من 4 حيث يشجع ذلك على زيادة سيادة الفطريات وتثبيط البكتريا والاكتينومايسيتات او باضافه مواد مانعه لنمو البكتريا كبعض المضادات الحيوية مثل

البنسلين والستربتومايسين او باضافه صبغات مثل الروز بنغال. هذة الطريقة تظهر سياده أجناس Aspergillus وPencillium التي تمتاز بتكوينها اعداد كبيرة من السبورات.

2. **طريقة العد الميكروسكوبي المباشر**: هذه الطريقه غير شائعه
3. **طريقة الشريحه المدفونه**

وتعتبر من الطرق الوصفية، الغرض منها العد وتعتبر طريقة ملائمه لتعرف على اشكال الفطريات

4. **استخدام انابيب بلاستيكية او زجاجية** توضع فيها الاوساط الزرعية الملائمه تثقب وتدفن في التربة في مكان مطلوب لمدة اسبوع .هذه الطريقة تتيح الفرصة للتعرف على العديد من الفطريات السائدة في التربة.

أما من ناحية أنواع الفطريات السائدة فى الأراضى فهى تتبع الأقسام الرئيسية الثلاثة:

- **الفطريات الكيسية Ascomycetes**
- **الفطريات طحلبية Phycomcetes**
- **الفطريات الناقصة Deuteromycetes**

والفطريات الناقصة هى أوسع الأنواع انتشاراً فى التربة بينما الـ **Phycomycetes** أقلها انتشاراً ماعدا رتبة Mucorales الواسعة الانتشار فى التربة.

من أجناس الفطريات واسعة الانتشار فى مختلف الأراضى Aspergillus, Penicillium, Fusarium, Rhizopus, Alternaria, Mucor. الفطريات كائنات هتيرتروفية هوائية تستخدم عديد من المواد العضوية كمصدر للكربون والطاقة مثل السكريات الأحادية والثنائية والمعقدة والأحماض العضوية والنشا والبكتين والسليولوز والدهون واللجنين وبعض هذه المواد تستطيع البكتيريا تحليلها، كما تستخدم كثيراً من المواد النيتروجينية والمعقدة كمصدر للنيتروجين، وعلى ذلك فالفطريات تلعب دوراً هاماً فى تحلل السليلوز والهيميسليلوز والبكتين فى الأراضى، كما يمكن أن تلعب دوراً فى معدنة النيتروجين العضوى، أى أنها تقوم بتحليل المواد المعقدة عموماً ولها دور أساسى فى تكوين الدبال فى التربة. ومن ناحية أخرى فإن فطريات التربة المرضية لها أهمية خاصة من ناحية أمراض النبات، وكثير من هذه الفطريات تعيش فى التربة مترممة وعندما تجد الظروف الملائمة تغزو العائل وتسبب المرض.

السموم الفطرية Aflatoxins

هى نواتج تمثيل غذائى ثانوية تفرزها بعض الفطريات مثل *Aspergillus parasiticus* و *Aspergillus flavus* ومن البذور التى تصاب بهذه الفطريات المنتجة للتوكسين بذور الفول السودانى، وتتوقف كمية السموم المتكونة على الظروف البيئية خاصة درجة الحرارة ومدة التعريض.

الفطريات اللزجة Slime molds

تنتشر هذه الأنواع من الفطريات فى أراضى الغابات بالمناطق البادرة خاصة فى الأراضى الغنية بالمادة العضوية، حيث يصل أعدادها الى عدة آلاف بالغرام الواحد من التربة، تمتاز هذه المجموعة بأنه فى أحد أطوار حياتها تكون طور أميبى أى يشبه الأميبا فى صفاته، الذى يتحول الى أجسام ثمرية بداخلها الجراثيم التى تكمل دورة الحياة عند تحسن الظروف السيئة بالوسط الذى تعيش فيه.

فطريات الميكورهيزا Mycorrhiza :

هذه الفطريات تمثل حالة تعاون فريدة بين الفطريات وجذور بعض النباتات الراقية، فتقوم هذه الفطريات بعمل الشعيرات الجذرية على جذور نبات العائل حيث تساعد النبات على امتصاص الماء والغذاء والأملاح المعدنية مثل الفسفور والكالسيوم والبوتاسيوم والنحاس والحديد، فطريات Mycorrhiza فطريات محدودة الوطن فهى توجد فقط حول جذور عوائلها، وتعيش معها فى حالة تعاون، تأخذ الفطريات احتياجاتها الغذائية المعقدة من الأحماض الأمينية والفيتامينات (مثل فيتامين B) من النبات العائل وبسبب تلك الاحتياجات الغذائية المعقدة فإنه لم تنجح زراعة بعضها فى بيئات صناعية حتى الآن، حيث إنها تكافلية المعيشة إجباراً. وقد لوحظ أن فطريات Mycorrhiza تكثر حول جذور النباتات فى الأراضى الفقيرة فى الفسفور والنتروجين كما أنها تكثر عندما تحتوى جذور العائل على نسبة عالية من الكربوهيدرات الميسرة بزيادة نشاطه فى التمثيل الضوئى.

العدوى:

تحدث عدوى جذور البادرات من الأشجار بالهيفات، من النباتات المجاورة أو الجراثيم الموجودة بالتربة علماً بأنه يوجد درجة من التخصص بين الفطر والنبات العائل، وفى حالة المعيشة التكافلية، يمكن تمييز جزئين مختلفين فسيولوجياً من الفطر، الجزء الممتد خارج جذور العائل يقوم بعمل العشيرة الجذرية من حيث امتصاص الماء والمواد المعدنية، بينما يقوم الجزء من الفطر الممتد داخل العائل بتبادل المواد الغذائية، كما تحدث بعض التغيرات المجهرية والتشريحية والمظهرية فى جذر العائل.

تقسيم فطريات Mycorrhiza تتبع

Basidiomycetes, Ascomycetes & Phycomycetes (zygomycetes)

وهذه تتكاثر بالجراثيم الجنسية واللاجنسية، وبعضها يتبع الفطريات الناقصة.

وتقسم فطريات Mycorrhiza الى مجموعتين وذلك من حيث طبيعة المعيشة التعاونية مع العائل وكيفية التغذية والخواص الفسيولوجية وهما:

1- فطريات تعيش بين الخلايا وتسمى Ectotrophic mycorrhiza وهذه المجموعة تكون غلاف Mantle حول جذور العائل بطبقة سمكها 20 - 40 مايكروميتر كما تمتد الهيفات وتنمو خلال

المسافات التى بين الخلايا فى منطقة القشرة، يكون طبقتين جديدين من الخارج وتوجد هذه المجموعة من الفطريات فى جذور كثير من الأشجار ومنها الأنواع الاقتصادية كشجر الزان والصنوبر، ومن الأجناس التى تتبع هذه المجموعة Amanita

2- فطريات تعيش داخل الخلايا وتسمى Endotrophic أو Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae (VAM) هذه الفطريات تخترق جدر العائل وتدخل الى داخل الخلايا وتتكاثر مع وجود بعضها خارج الجدار ممتدة فى التربة، وهذه المعيشة توجد مع جذور النباتات التابعة للعائلات التى منها أشجار الفواكه والموالح وشجر التين وكثير من النجيليات والبقوليات والسرخسيات وغيرها. وأهم ما يميز فطريات VAM فى جذور العائل، وجود التفرع الشجيرى الشكل، والأوعية قد تكون بيضاوية الشكل وأحياناً تكون مستديرة أو ذات فصوص، توجد بين خلايا القشرة أو بداخلها، وهى متصلة بهيفات الفطر وتعمل الأوعية كأعضاء تخزين وفى جذور الخلايا المسنة تتحول الى جراثيم تخرج الى التربة عند تحلل الجذور.

النواحى العملية للفطريات VAM

فطريات VAM واسعة الانتشار إذا ما قورنت بفطريات Ectotrophic mycorrhiza، توجد فى أراضى تحت ظروف مناخية متعددة من الاستوائية الى المعتدلة الى المناطق القطبية، وإن كانت تتأثر بنوع التربة والنبات القائم والظروف البيئة، وهذه الفطريات تعيش بالاشتراك مع بذور النبات، ولم يمكن زراعتها فى غياب جذور النبات العائل، كما لم يمكن حتى الآن عزلها على أطباق الأجار بالطرق الميكروبيولوجية المعتادة. وهى تلعب دوراً هاماً فى تيسير الفوسفات للنبات خاصة فى أراضى المناطق الحارة حيث تزداد عملية تثبيت الفوسفات ويحول الى صورة غير صالحة لامتصاص النبات علاوة على أن درجات الحرارة المرتفعة نسبياً تزيد من نشاط الفطريات بهذه الأراضى عن أراضى المناطق المعتدلة الحرارة أو الباردة. وعلاوة على أن فطريات VAM تزيد من امتصاص النبات للفوسفات فإنها تزيد من امتصاصه للزنك كما لوحظ فى نباتات القمح والذرة والبطاطس والخوخ المنزرعة فى أراضى فقيرة فى عنصر الزنك، كذلك فإن فطريات VAM تزيد من امتصاص النبات لبعض العناصر الأخرى مثل البوتاسيوم والنحاس والكبريت وبعض العناصر الثقيلة.

إضافة الى ما سبق، فإن فطريات VAM تتعايش مع جذور معظم نباتات مغطاة البذور خاصة البقوليات والنجيليات، كما توجد فى جذور بعض معراة البذور السرخسيات والحزازيات، ولا تخلو منها إلا جذور بعض نباتات قليلة التى تتعايش مع فطريات الأكتوميكوريزا.

الأمراض الفطرية التي تحدث بالتربه:-

1- أمراض أعفان الجذور عديدة وهى تعتبر من فطريات التربة الكامنة .

أعـراض الإصـابة : تختلـف الأعـراض بـإختلاف المسـبب المرضـى فمـثلاً فـى حالـة :- العفـن الريزوكتـونى تكـون الأعـراض فـى صـورة بقـع غـائرة بنيـة إلـى حمـراء علـى السـويقة الجنينيـة السـفلى للبـادرات فـى حالـة الإصـابة الشـديدة فإنهـا تـؤدى إلـى تحليـق السـاق وغالبـاً مـاتموت البـادرات المصـابة وقـد يمتـد العفـن حتـى نخـاع البـادرة مسـبباً لونـاً بنيـا ضـارباً إلـى الحمـرة فـى الأنسـجة المصـابة . عفـن البيثيـوم تـتعفن البـذور إذا أصـيبت فـى بدايـة مراحـل إنباتهـا وتـؤدى إصـابة البـادرات عنـد سـطح التربـة إلـى سـقوطها وإذا أصـيبت النباتـات الكبيـرة يظهـر عليهـا بقـع مائيـة تمتـد قلـيلاً علـى السـاق علـى صـورة خطـوط طويلـة علـى أنسـجة القشـرة . هنـاك أعـراض عامـة فـى حالـة أمـراض أعفـان الجـذور وهـى : أن الإصـابة تـؤدى إلـى غيـاب نسـبة كبيـرة مـن النباتـات وضـعف النمـو الخضـرى وبالتـالى نقـص المحصول .

الظـروف الملائمـة لإنتشـار الإصـابة بأعفـان الجـذور : درجـات حـرارة منخفضـة، الزراعـة فـى التربـة الثقيلـة السـيئة الصـرف ، الجـو البـارد الرطـب خاصـة فـى حالـة العفـن البيثيـومى يلائـم الإصـابة درجـات حرارة 18 - 25ْم ورطوبة نسبية 95 .

2- أمراض الذبول

تنتشـر الإصـابة بالـذبول فـى البسـلة كثيـراً نظـراً للتوسـع فـى زراعتهـا فـى الأراضـى الجديـدة وذلـك لتـوافر الظـروف الملائمـة لإنتشـار الإصـابة فـى تلـك الأراضـى حيـث إسـتعمال السـماد المحلـي الغيرمتحلـل وبالتـالى إنتشـار النيمـاتودا وتظهـر الإصـابة بالـذبول علـى صـورة إصـفرار تـدريجى علـى الأوراق السـفلى ويكـون غالبـاً فـى جانـب واحـد مـع تقـدم الإصـابة تظهـر نفـس الأعـراض علـى الأوراق العليـا بينمـا تسـقط الأوراق السـفلى وبـذلك يجـف أغلـب المجمـوع الخضـرى ويمـوت النبـات ، تظهـر الحزم الوعائية وقد أخذت لوناً بنياً فاتحاً .

الظـروف الملائمـة لإنتشـار الإصـابة بالـذبول : رطوبـة التربـة المنخفضـة نسـبياً ،التربـة الرمليـة الخفيفـة ،إنتشار ديدان النيماتودا خاصة عند إستعمال سماد محلي غير نظيف وغير متحلل .

برنامج عام للوقاية والعلاج من أمراض وأعفان الجذور والذبول . ينقسم البرنامج إلى قسمين :

- أ- **المقاومـة الزراعيـة** وهـذه تشـمل : 1 .إتبـاع دورة زراعيـة مناسـبة . 2 .زراعـة التقـاوى فـى تربـة نظيفـة وشـراؤها مـن مصـدر موثـوق منـه . 3 .العنايـة بالتسـميد البوتاسـى حيـث وجـد أن لـه تـأثيراً إيجابيـاً علـى الحـد مـن إنتشـار الإصـابة . 4 .زراعـة الأصـناف التـى لـديها القـدرة علـى المقاومـة أو تحمـل الإصـابة . 5 .الإعتـدال فـى الـرى وتحسـين الصـرف . 6 .تعمـق الزراعـة إلـى أسـفل . 7. حـرث المخلفـات النباتيـة وجمعهـا والـتخلص منهـا بعيـداً عـن المزرعـة . 8 .عـدم العزيـق العميـق فـى حالـة وجـود إصـابة ولكـن يجـب

خربشة التربة حتى لاتجرح الجذور (أى العزيق السطحى) . عموماً وجد أن العمليات الزراعية يجب الإهتمام الشديد بها حيث وجد أن إتباعها بدقة يؤدى إلى الإقلال الشديد من إستعمال المبيدات أو الوسائل الأخرى فى المقاومة والوقاية خير من العلاج .

ب- **المقاومة الكيماوية** : وهذه تشمل : الوقاية قبل الزراعة : وذلك بمعاملة البذور بالمطهرات الفطرية قبل الزراعة مباشرة . ويجب أن تندى البذور بقليل من الماء أو الصمغ العربى أو أى مادة لاصقة كالنشا لضمان إلتصاق المطهرات الفطرية (المخلوط) بسطح البذور جيداً وهذه العملية تتم قبل الزراعة مباشرة . العلاج بعد الزراعة بالطبع فإن معاملة البذور قبل الزراعة لمقاومة مسببات أعفان الجذور والذبول يعتبر من الأهمية بمكان حيث أن التعامل مع أى كائن تحت التربة يعتبر صعباً ومكلفاً فى كثير من الأحيان .

أهمية الفطريات في التربة :

1- تساهم الفطريات بشكل فعال في تحلل المواد العضوية حيث تستطيع العديد من الأنواع الفطرية إستخدام وتحليل العديد من المركبات العضوية مثل السليلوز والبكتين واللجنين والهميسيليلوز ، كما تلعب دوراً كبيراً في تحلل أنسجة الخشب.

2- تستطيع الفطريات صنع مواد مشابهة لمادة التربة العضوية .

3- تساهم في التحولات المعدنية في التربة فمثلاً بعض الفطريات لها القدرة على تحويل صور الفوسفور غير الجاهز والمثبت الى صور جاهزة للامتصاص من قبل النبات .

4- تساهم الفطريات في زيادة ثباتية مجاميع التربة حيث تقوم بعملية الربط الميكانيكي لدقائق التربة عن طريق الهايفات .

5- تساهم العديد من الفطريات في عملية تحول المركبات البروتينية والأحماض الأمينية الى أمونيا

6- تلعب بعض أنواع الفطريات التكافلية والتي تعرف بالمايكورايزا Mycorrhiza والتي تعيش متكافلة مع جذور النباتات دوراً مهماً في زيادة قدرة النباتات على إمتصاص الماء والعناصر الغذائية وبالمقابل تستفيد من الكربوهيدرات والفيتامينات والتي تكونها تلك النباتات وهذه الفطريات يمكن أن تمتد لتتغلغل في المسافات البينية الموجودة بين خلايا الجذر ، وبعضها يخترق خلايا الجذر نفسها .

7- هناك بعض الأنواع مفترسة او متطفلة ولها أهمية في التوازن البيئي الطبيعي للأحياء الدقيقة في التربة.

8- البعض ممرض للنبات وله القدرة على البقاء على السيقان في حال غياب المحصول الأصلي والظروف غير الملائمة كالأجسام الحجرية (Sclerotia) ومن الفطريات التي تبقى لمدة طويلة في

التربة في غياب المحصول Fusarium, Rhizoctonia, and Phytophthora.بعض الفطريات يمكن أن تسبب امراض نباتية او حيوانية او للانسان.

7- الفونا المجهرية Microfauna:

حيوانات صغيرة مجهرية تشمل الأوليات الحيوانية وبعض الديدان الخيطية Nematoda الصغيرة والديدان المسطحة الصغيرة الحجم والدوارات، ويتغذى معظم أفرادها على الأحياء المجهرية وبعضها رمّي. وفي التربة أيضاً بعض الحيوانات الصغيرة والكبيرة من اللافقاريات مثال ديدان التربة وكثيرات الأرجل (أم الأربع والأربعين) والحلزون وبعض الحشرات ومن الفقاريات مثال بعض الأفاعي والعظايا والخلد والفئران وغيرها.

التطبيقات في الزراعة

1ـ التلقيح بالبكتريا المتعايشة المثبتة للآزوت، تستعمل أنواع البكتريا التابعة إلى الجنسين ريزوبيوم Rhizobium وBradyrhizobium بعد تنميتها في أجهزة خاصة (مخمرات fermenters) وتحميلها على مواد عضوية مناسبة لتلقيح النباتات البقولية المتوافقة مع هذه الأنواع بهدف زيادة كمية الآزوت المثبت وخصب الترب.

2ـ التلقيح بالأحياء المثبتة الآزوت على نحو حر: يعود الفضل في محافظة أراضي الصين وجنوب شرق آسيا على خصبها إلى نمو الأحياء المجهرية في الوسط المائي الذي يغمر به الأرز أو على سطح تربته، وتتميز هذه الأحياء بقدرتها على تثبيت الآزوت الجوي على نحو حر معوضة الفاقد من التربة. إن تشجيع انتشار هذه البكتريا ونموها أو التلقيح بها أوبـ Azolla له أثر بيئي مهم في توفير الآزوت ورفع خصوبة التربة. كما إن إضافة بعض أشكال البكتريا المثبتة للآزوت بصورة حرة غير ذاتية التغذية مثل Azospirillum وBeijerinckia وAzotomon وAzotobacter قد أعطت نتائج إيجابية في كثير من الحالات وخاصة في الترب التي تتميز بنقص الآزوت وارتفاع نسبة الكاربوهدرات فيها.

3 ـ التلقيح بالبكتريا المحلّة للفوسفات: تمتاز بعض أنواع البكتريا الموجودة في التربة بالقدرة على تحويل الفوسفات الثلاثية غير المتيسرة للنبات إلى فوسفات ثنائية أو أحادية، وترتبط معظم التحولات الجرثومية للفوسفات بالتحول من الصيغة غير الذائبة إلى الذائبة المتحركة.

4 ـ التلقيح بفطريات الميكوريزا: تجني النباتات الفائدة نتيجة تعايش هذه الفطريات على جذورها وبخاصة في مجال التغذية الفسفورية وتحمّل الجفاف وغيرها.

5 ـ استعمال خلائط جرثومية وعضوية لإخصاب التربة وتحليل المخلفات: تصنع بعض الشركات أو المؤسسات خلائط من ميكروبات التربة النافعة المختلفة وتحمّل هذه الميكروبات على مواد عضوية

نصف متحللة للمحافظة على حيويتها أثناء التخزين والنقل، وتستعمل هذه الخلائط في الإنتاج الزراعي المكثف للنباتات لارتفاع كلفته.

6 ـ استعمال التقانات الحديثة المتطورة في الهندسة الوراثية للحصول على سلالات جرثومية لأغراض معينة مثل زيادة قدرة السلالات على تثبيت الآزوت الجوي أو تحطيم الخشب وتطوير سلالات منافسة للسلالات المرضية من الميكروبات أو تحليل المبيدات وبقاياها أو التخلص من ملوثات التربة.