المخصبات الحيوية

آمال وطموحات

د. إسلام إبراهيم أبو السعود

قسم الأراضي والكيمياء الزراعية

كلية الزراعة سابا باشا - جامعة الإسكندرية

د/ إلهام عبد المنعم بدر

المركز القومي للبحوث بالدقي - القاهرة

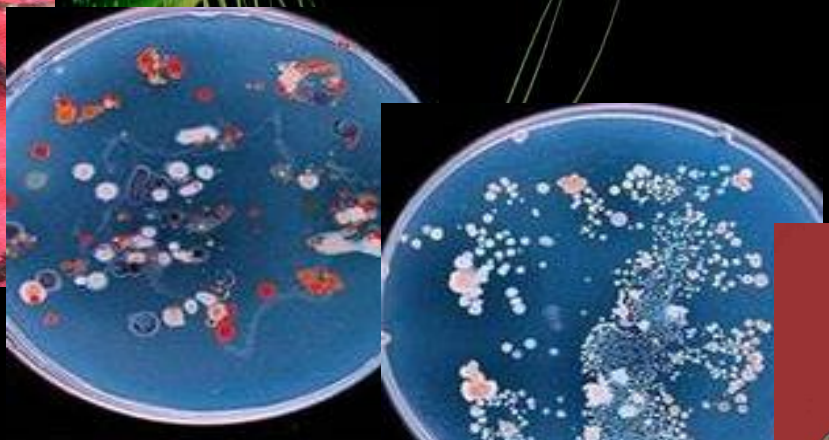
د/ منى محمد يسرى

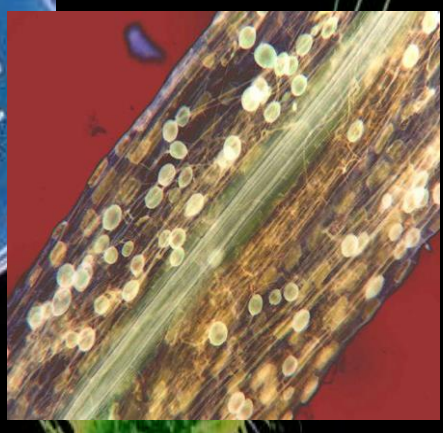
قسم الإنتاج النباتى - خضر

كلية الزراعة سابا باشا - جامعة الإسكندرية

م/ الشيماء عبد المولي السيد

مهندسة زراعية





المقدمة

يعد تحسين خصوبة التربة من أهم الطرق الزراعية المستخدمة لزيادة الإنتاج الزراعي. ولهذا لجأ العلماء في السنوات الأخيرة في جميع أنحاء العالم إلي إستخدام المخصبات الحيوية في الحقول أو في داخل الصوب وهي عبارة عن تحضيرات سائلة أو صلبة تحتوي علي كائنات حيه دقيقة نافعة منتقاه بعناية وذلك لتحسين خواص التربة ولزيادة الإنتاج الزراعي.

وهناك عدد كبير من بلدان العالم أصبحت الأن تستخدم المخصبات الميكروبية في مجال الزراعة وذلك بهدف زيادة الإنتاج الزراعي والمحافظة علي البيئة من التلوث الناجم عن الإسراف في إستخدام الأسمدة الكيماوية والذي يتسبب مع مرور الوقت في زيادة الجرعة المستخدمة أو بتغيير نوع السماد بأخر وكلا الأمرين يزيد من تلوث التربة والمياه الجوفية بالإضافة إلي كونه مكلف ماديا أيضا.

ولقد حاولنا في هذا الكتاب أن نذكر بإحتياجات النباتات من العناصر الغذائية الضرورية سواء الكبرى منها أو الصغرى. وتناولنا الطرق التقليدية لسد إحتياجات النباتات من هذه العناصر وذلك عن طريق إستخدام الأسمدة الكيماوية المختلفة بأنواعها وتحدثنا عن عيوب هذه الأسمدة الكيماوية سواء علي المدى القريب من حيث منتج غير أمن أو علي الأفق البعيد من تلوث الأرض والمياه الجوفية وتأثيره علي مجتمع الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بالتربة بالسلب، هذا بالإضافة إلي التكلفة المالية العالية. ولذلك إجتهدنا في إقتراح عدد من الحلول للتغلب علي إستخدام الأسمدة الكيماوية ومن أهم هذه الحلول هو اللجوء للتسميد الحيوي ولقد تم الإهتمام في هذا الكتاب بكل من المخصبات النيتروجينية بأنواعها والمخصبات الحيوية الفسفورية لدورهم الكبير والمؤثر في ظروف الأراضي المصرية مع سرد لعدد من المخصبات الحيوية الموجودة تجاريا في الأسواق المصرية .

نأمل أن ينال هذا الكتاب إعجاب القاريء كمحاولة منا لإمداده بما يحتاجه من معلومات عن التسميد الحيوي ودورها الإيجابى فى العملية الزراعية للحصول على منتج نظيف خالى من العديد من الملوثات وكذلك أقل تكلفة مما يعود بالنفع المادى على المزارع.

أمجد محمد ناشر

الفهرس

المقـدمـــة

الفصل الاول

توضح التحاليل النباتية إحتواء الأنسجة النباتية على العناصر الغذائية

أولآ: إحتياج النبات للعناصر الغذائية

إحتواء الأنسجة النباتية علي العناصر الضرورية

دور بعض العناصر الغذائية في النبات

أعراض نقص العناصر الغذائية علي النبات

ثانيآ: الأسمدة الكيماوية كوسيلة تقليدية:-

ماذا يقصد بالسماد؟

أهمية إستخدام الأسمدة

حموضة وقاعدية الأسمدة

أنواع الأسمدة الكيماوية

طرق وضع الأسمدة الكيماوية

أهمية كيفية إضافة السماد

ثالثآ: أضرار إستخدام الأسمدة الكيماوية

مفهوم تلوث التربة الزراعية

الأسمدة الكيماوية . . . Chemical Fertilizers

أهم عوامل وأسباب التلوث بالأسمدة الكيماوية

الأضرار الناجمة من الإسراف في إستخدام الأسمدة الكيماوية

رابعآ: الحلول المقترحة للتغلب علي مشاكل التسميد الكيماوي

إجراءات حماية التربة الزراعية من التلوث والتدهور(Soil Environmental Management)

١- تحسين التربة الزراعية

٢- تحسين الصرف الزراعي

٣- ترسيخ تقنيات وآليات الزراعة النظيفة

أولا: الإتجاهات الحديثة في مجال المكافحة المتكاملة للآفات الزراعية

ثانياً : التسميد الأخضر

ثالثاً: السماد العضوى الصناعى من المخلفات الزراعية

رابعاً:إستخدام الطحالب كمحسن للأراضي الصحراوية والمستصلحة حديثاً

خامسا:إستخدام الهندسة الوراثية فى إنتاج وإعتماد التقاوي وكذلك تجميع الأصول الوراثية فى مجموعات نباتية لحفظ هذه الأصول

سادسا:إنشاء وحدات البيوجاز في القرية المصرية للإستفادة من المخلفات الزراعية في إنتاج الطاقة والسماد العضوي.

سابعا:إنتاج الأعلاف غير التقليدية.

ثامنا: معالجة المياه العادمة لإستخدامها في الزراعة.

تاسعا: التسميد الحيوي

الفصل الثاني

الأحياء الدقيقة في التربة

أهمية الأحياء الدقيقة في التربة

وجود وإنتشار النشاط الميكروبى يختلف بإختلاف عوامل عديدة

تأثير إضافة المخصبات المعدنية أو العضوية

أهم الميكروبات الموجودة في التربة

العلاقات المتبادلة بين أحياء التربة

التطبيقات في الزراعة

الفصل الثالث

المخصب الحيوي Bio-fertilization

ماذا تعني كلمة مخصب حيوي؟

يحقق إستخدام المخصبات الحيوية فوائد عديدة عند إستخدامها كبديل للأسمدة الكيماوية

الجدوى الإقتصادية لإستخدام المخصبات الحيوية

كيفية تحضير المخصب الحيوي

ما هو الحامل الميكروبي؟

إستخدام الحامل الميكروبي المناسب لإنتاج السماد الحيوي

ما وظيفة الحامل الميكروبي ؟

الصفات المميزة للحامل الميكروبي

أنواع الحوامل الميكروبية

إستعمال الأسمدة العضوية الصناعية (الكمبوست) كحوامل ميكروبية

أكثار الميكروب والظروف المحيطة بإنتاجه وطرق استخدامه

الطرق العامة لإعداد بعض اللقاحات الميكروبية الهامة

إختبار جودة المخصب الحيوي

التعبئة والتخزين وإختبار جودة اللقاحات الميكروبية

كيفية إستخدام المخصبات الحيوية

طرق إستخدام اللقاح الميكروبي

طريقة إضافة وإستخدام المخصبات الحيوية المحملة

طريقة إضافة المخصب الحيوي للتقاوي

الفصل الرابع

تثبيت نيتروجين الهواء الجوى في التربة الزراعية Nitrogen fixation in soil

طرق تثبيت النتروجين الجوي

الميكروبات المثبتة للأزوت الجوي

تنقسم الميكروبات التي تثبت النيتروجين الجوي إلي مجموعتين

المجموعة الأولي ... تثبيت النيتروجين الجوي تكافليا

المجموعة الثانية...الميكروبات التي تثبت النيتروجين الجوي لا تكافليا

الفصل الخامس

١-الميكوريزا

٢- مخصبات حيوية تحتوي علي البكتيريا المذيبة للمركبات الفوسفاتية

الفصل السادس

بعض المخصبات الحيوية المتداولة في الساحة المصرية

الميكروبين

البيوجين

السيريالين

الريزوباكترين

النيتروبين

الفوسفورين

البلوجرين

التراي – تون

المخصب الحيوي EM1

BIODESERTIN-N

النيماليس

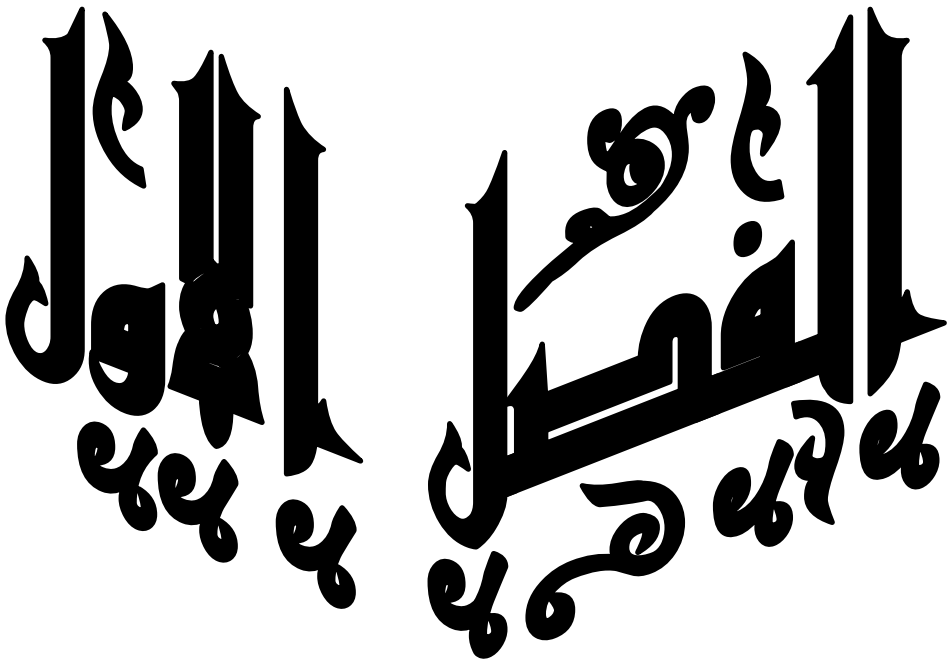
سيدا كومباوند

برومكس

داش

دالسين

بعض المشاكل التي تواجه إنتاج وإستخدام المخصبات الحيوية في مصر وكيفية التغلب عليها


الفصل الأول

أولآ إحتياج النبات للعناصر الغذائية

وتوضح التحاليل النباتية إحتواء الأنسجة النباتية على العناصر الآتية :-

يقوم النبات من خلال عمليات التمثيل الضوئي في تحويل الطاقة الشمسية إلي مواد عضوية من كربوهيدرات و بروتينات وغيرها و تلعب المخلفات النباتية دورا هاما في إثراء التربة بالغذاء اللازم لحيواناتها وكائناتها الدقيقة والتي تقوم بدورها بعمليات التجوية الطبيعية وبناء وتكوين الدبال والآثار غير المحدودة علي خواص التربة الطبيعية والكيماوية وينشأ خلال هذه العمليات كما هائل من التفاعلات الحيوية والكيموحيوية تنطلق منها عناصر معدنية عديدة بكميات هائلة تشكل المصدر الرئيسي للمغذيات النباتية تمد النباتات بما يلزمها لتنمو وتعيد الدورة بالتكافل مع حيوانات وكائنات التربة الدقيقة مرات ومرات تنتج خلالها الغذاء والألياف اللازمة للإنسان وحيواناته الإقتصادية وباقي الأنواع الحيوانية إلي جانب إمدادها بالغذاء الممثل في المخلفات النباتية لكائنات التربة الدقيقة وحيواناتها المتباينة.

وتقوم النباتات بعمليات التمثيل الضوئي حيث تأخذ ثاني أكسيد الكربون الجوي وتحوله إلي سكريات وهي أساس سلسلة تكوين المواد الطبيعية التي تتضمن النشا والألياف والزيوت النباتية والصمغ إلي جانب الكم الهائل من المركبات العضوية الأخرى من أحماض أمينية وأحماض دهنية أساسية وفيتامينات لا يمكن الإستغناء عنها في غذاء الثدييات كما أن عمليات التمثيل الضوئي هي المسئولة عن الطاقة المخزونة في العالم في صورة وقود حفري مثل البترول والفحم الحجري والذي يعتمد عليه كمصدر للطاقة علي ظهر الكرة الأرضية. كما تعتبر النباتات أفضل وسيلة لتدوير المخلفات سواء نباتية أو حيوانية ومخلفات الإنسان. كما تقوم بإنتاج العديد من الكيماويات الصناعية والأدوية اللازمة لعلاج الأمراض التي تصيب الإنسان والحيوانات الإقتصادية.

ونظرا لأهمية النباتات والتي تعتبر المفاعل الكيماوي الوحيد القادر علي تحويل الطاقة الشمسية إلي الغذاء والألياف اللازمة لحياة الإنسان وباقي الأنواع الحيوانية علي ظهر الأرض كان من الضروري أن يعني الإنسان بتهيئة الظروف الملائمة للنمو الجيد للأنواع النباتية اللازمة لإنتاج الغذاء له ولحيواناته والألياف اللازمة لكسائه والتي ثبت بمرور الزمن أفضليتها علي جميع الألياف الصناعية التي توصل إليها من خلال التكنولوجيات التي أستخدمت في إنتاجها.

وبالإضافة إلي الوظائف العديدة السابقة فإن النباتات هي مصدر جمال الطبيعة وروعتها التي تنشأ من التنوع الشاسع للإشكال النباتية الخضراء والأزهار والروائح الطبيعية الرائعة والألوان

الزاهية المتباينة والتي تعبر عن إبداع الخالق جل شأنه. ودور النباتات في التوازن الغازي في الطبقات الجوية القريبة من سطح الأرض حيث تمتص ثاني أكسيد الكربون وتنتج الأكسجين اللازم لتنفس جميع الكائنات الهوائية الأخرى وبذلك تظل نسبة الأوكسجين في الجو ثابتة حول قيمتها التي تبلغ حوالي٢١ %.

ويتكون النبات بوجه عام من حوالي ٨٠ - ٩٠ % رطوبة، ١٠ - ١٢ % كربون وهيدروجين وأكسجين وأربعة عشر عنصرا من العناصر المعدنية الأساسية. وتحصل النباتات علي العناصر الغذائية اللازمة لنموها وبناء خلاياها وتحولاتها الغذائية المختلفة من عدة مصادر تشمل التربة والمخلفات الزراعية والصناعية وميكروبات التربة والأسمدة المعدنية والعضوية. ومعظم المغذيات النباتية تكون في صورة معدنية ماعدا الهيدروجين والأكسجين والكربون والتي يحصل عليها من الهواء الجوى أو الماء أثناء عملية التمثيل الضوئي Photosynthesis والتي يستخدم فيها الماء كمعطي للإلكترونات في وجود الطاقة الضوئية يتم إختزال ثاني أكسيد الكربون إلى المواد الكربوهيدراتية. أما العناصر المعدنية يتم إمتصاصها في الغالب بواسطة المجموع الجذري أو بواسطة المجموع الخضري في حالة التسميد الورقي Foliar fertilizers.

وقد وجد أن النبات يحتاج إلي ١٧ عنصر سميت فيما بعد بالعناصر الضرورية وتوجد عدة نظريات تحدد الكيفية المتبعة لتقدير جوهرية العنصر الغذائي للنبات ومن أبرز تلك النظريات نظرية Arnonn التي تتلخص في أن العنصر يصبح عنصراً غذائياً ضرورياً جوهرياً للنبات إذا ما أستوفى الشروط الأتية:-

١- وجود العنصر ضروري وحتمي لكي يكمل النبات دورة حياته.

٢- لابد أن يكون للعنصر تأثير معين ذاتي Specific effect علي النبات وألا يكون ذلك التأثير راجعا إلي علاج حالة مرضية في النبات أو علاج حالة أو ظروف سيئة في التربة.

٣- لابد أن يكون للعنصر تأثير مباشر علي نمو النبات.

ولكنها عدلت لتشمل شروط جديدة أتفق العلماء عليها وسميت فيما بعد بالشروط الخمسة الأتية:-

١- غياب العنصر أو نقصه يتسبب في منع النبات وعدم قدرته علي تكملة الدورة الخضرية Vegetative cycle أو الدورة الثمرية Reproductive cycle .

٢- غياب العنصر أو نقصه ينتج عنه أعراض نقص Deficiency symptomatic خاصة به ولا يمكن معالجة تلك الأعراض إلا بإضافة ذلك العنصر بالذات.

٣- إنه لا يمكن إستبدال ذلك العنصر بعنصر أخر.

٤- أن يكون للعنصر وظيفة أو وظائف فسيولوجية معينة في النبات وأن تكون هذه الوظيفة أو الوظائف معروفة ومحددة.

٥- أن يكون العنصر لازما للنباتات الراقية جميعا.

وبناءاً علي ذلك فإن أي عنصر لا يستوفي الشروط الخمسة مجتمعة لا يمكن إعتباره عنصراً غذائياً ضرورياً جوهرياً.

تحتوي الأنسجة النباتية علي العناصر الضرورة اللأتية:-

١- تشكل العناصر الأربعة الأساسية: C, H, O, N أكثر من ٩٦٪ من المادة الجافة، ويحصل النبات عليها من الماء والهواء المشتمل على الأكسجين والأزوت وبتثبيت ثاني أكسيد الكربون الجوي بعملية التمثيل الضوئي، ولا يمكن لأي نبات أن ينمو بغياب أحد هذه العناصر ولو توافرت العناصر الأخرى.

٢- أما العناصر الكيماوية الضرورية فتقسم إلى مجموعتين هما:-

أ- العناصر الكبرى macronutrient elements وهي:- إما لا معدنية مثل S, P، وإما معدنية وهي Ca, K, Mg ويتراوح تركيزها بين ١٠$^{-٢}$ و ١٠$^{-٣}$ جم/جم مادة جافة.

ب- العناصر الصغرى micronutrient elements وهي: Fe, Zn, Mn, Cu, Mo, B, Cl وغيرها ويتراوح تركيزها بين ١٠$^{-٣}$ و ١٠$^{-٦}$ جم/ جم مادة جافة. كما توجد العناصر المعدنية الزهيدة Oligo-elements وتشمل عناصر كثيرة هي Cr, Li, Br, F,I, Co, Ni, Al, Pb, Cd, Rb, Ti وغيرها، ويتراوح تركيزها بين١٠$^{-٦}$ و ١٠$^{-٩}$ جم/جم مادة جافة، ووجودها يحسن عموماً من نمو النباتات. وتجدر الإشارة إلى أن التركيب الكيماوي للنباتات يختلف بحسب الأنواع والأصناف ونوع التربة وخصوبتها وطبيعتها الفيزيائية وخاصة التهوية ودرجة الحرارة والرطوبة ودرجة الحموضة pH وكمية الأسمدة المضافة إليها والشروط البيئية وعمر النبات وأجزائه والطعم والأصل وتوافقهما وغيرها. ويختلف محتوى رماد الأنسجة النباتية بحسب النباتات وتنوعها وتطورها.

دور بعض العناصر الغذائية في النبات

العنصر	دور العناصر الغذائية
النيتروجين	✶ يوجد في المواد العضوية و الغير عضوية. ✶ يرتبط بالكربون والهيدروجين والأكسجين وأحيانا بالكبريت ليكون(الأحماض الأمينية – الأنزيمات- الأحماض النووية - الكلوروفيل - القلويدات – قواعد البيورين). ✶ قد يتراكم في صورة نترات.
الفوسفور	يدخل في تكوين (الأنزيمات والبروتينات والأحماض النووية DNA - RNA - ATP والفيتين وتحولات الطاقة وإنتقالها والصفات الوراثية ATP Adenosine Triphosphate, RNA Ribonuclic Acids, DNA Deoxribonoe Leic Acid
البوتاسيوم	✶ عنصر مهم في إنتاج وإنتقال السكريات في النبات. ✶ يساعد على إختزال السكريات وتحولها إلى نشا. ✶ وجوده أساسي لعمليات التمثيل الضوئي. ✶ يساعد في إمتصاص النيتروجين من التربة. ✶ يزيد في مقاومة النبات لبعض الأمراض. ✶ يقلل من عمليات النتح للنبات وبالتالي يزيد من مقاومته للجفاف. ✶ يكسب السيقان والأوراق متانة.
الكالسيوم	✶ له دور أساسي في تكوين الجدر الخلوية و تحديد درجة نفاذيتها. ✶ له دوره في إنبات البذور وتنشيط الإنزيمات في عمليات الإنقسام الميوزي وإستطالة الخلايا وتخليق البروتينات والكربوهيدرات وإنتقالها وحماية النباتات من سمية المعادن الثقيلة.

الماغنسيوم	✶ يدخل في تركيب الكلوروفيل. ✶ له علاقة بتكوين الزيوت داخل أنسجة النبات. ✶ يساعد في تحرك الفسفور والكربوهيدرات داخل النبات. ✶ ضروري لتنشيط عدد من الأنزيمات.
الحديد	✶ هام للنظم الإنزيمية مثل السيتوكروم أوكسيداز وإنتقال الإلكترونات- وعمليات التنفس. ✶ هام لإختزال النترات والكبريتات وتجهيز النتروجين وإنتاج الطاقة وتخليق البروتين.
النحاس	✶ عامل مساعد في تكوين أنزيمات التنفس وتكوين الكلوروفيل. ✶ يلعب دوراً في تفاعل الآزوت داخل النبات. ✶ يزيد في مقاومة النبات للأمراض الفطرية.
الكبريت	✶ يدخل في تركيب الأحماض الأمينية والهرمونات النباتية. ✶ يلعب دوراً هاماً في عملية التنفس. ✶ يدخل في تركيب الزيوت الطيارة كما في البصل والثوم. ✶ يساعد في تكوين الكلوروفيل.
الزنك	✶ يلعب دوراً في تشكيل الهرمونات النباتية. ✶ يلعب دوراً أساسياً في تشكيل التريتوفان المركب النباتي الذي يتركب منه الأكسين. ✶ يدخل في تركيب بعض الخمائرمنفرداً أو بالإشتراك مع بعض العناصر الأخرى كالنحاس.
المنجنيز	✶ لا يمكن أن يحصل تمثيل للنترات داخل النبات بدونه. ✶ تضعف قدرة التنفس إذا كانت نسبة **Mn/Fe** أقل أو أكبر ١.٥ – ٢.٥ .

	✶ لـه علاقـة بتكـوين الكلوروفيل وبعض الأحمـاض العضـوية وعمليـات الأكسدة والإرجاع داخل النبات.
البورون	✶ هام لتكوين الـ Uraeil قواعد الـ RNA نشاط الخلايـا قبل الإنقسـام والنضج والتنفس والنمو. ✶ لـه دور هام في تكوين ونضج حبوب اللقاح وعمليات التلقيح.
الموليبدنم	✶ ضروري لإختزال النترات في النبات إلى أمين ومن ثم تكوين البروتينات. ✶ ضروري لتكوين حمض الأسكوربيك. ✶ ضروري لبكتيريا الأزوتوبكتر والتي تقوم بتثبيت الآزوت الجوي.
الكلور	✶ ضروري في عملية البناء الضوئي لأنه يساعد في عملية أكسدة الماء. ✶ ضروري للطماطم في المزارع المائية.
النيكل	❖ ضـروري لإنـزيم اليـوريز الازم لتكسـير اليوريـا حتـي ينطلـق النيتـروجين فـي صورة صالحة لإمتصاص النبات. ❖ ضروري لإمتصاص وإنتقال العناصر الغذائية خاصة عنصر الحديد. ❖ يزيد من نشاط حمض الجبريليك والأندول أسيتك ومن ثم تـأثيرهم علـي تشـجيع نمو النبات.

أعراض نقص العناصر الغذائية علي النبات

هناك أعراض مرئية لنقص العناصر أو سميتها و قد تظهر أو لا تظهر هذه الأعراض و لكن في لغالب ما يبطئ نقص العناصر تطور النبات وعندما تظهر أعراض النقص يمكن توظيفها في تشخيص مصدر العجز في المغذيات.

العنصر	أعراض النقص
النتروجين	✶ لون أخضر فاتح أو مصفر أو أصفر.

	✶ تقوس الأوراق لأعلي ثم تتحول إلي اللون البني وتموت. ✶ بطيء النمو وتقزم النبات. ✶ النضج المبكر مع ثمار صغيرة أو دون ثمار بالمرة.
الفسفور	✶ يصبح لون الأوراق أكثر إخضراراً من اللون الطبيعي. ✶ تبقى الأوراق صغيرة وتظهر النموات الحديثة بلون أرجواني أو أحمر بسبب تراكم. ✶ مادة الأنتوسيانين - سمك نمو الخشب يكون قليل التفرع محدود وتشكل الفروع زوايا حادة. ✶ عروق الأوراق السفلى وكذلك أعناقها يظهر عليها اللون الأرجواني. ✶ ينقص تكوين البراعم الثمرية. ✶ في حالات النقص الشديد تكون الأوراق الكبيرة مبرقشة باللون الأصفر الفاتح والأخضر الغامق وهذه الأوراق تسقط سريعاً.
البوتاسيوم	✶ إصفرار في الأوراق عند الحواف وبإتجاه الداخل. ✶ التفاف الأوراق على شكل ميزان. ✶ يتحول لون الأوراق الأصفر إلى الأسمر أو البني المحروق. ✶ يسبق الإحتراق عادة لون أرجواني غامق تسبقه بلزمة لخلايا الأوراق. ✶ حجم الأوراق يبقى صغيراً. ✶ إذا كان النقص قليل يتكون محصول إنما قليل الكم والنوع. ✶ في حالات النقص الشديد تموت الأوراق وخاصة في منتصف الأفرع. ✶ يلاحظ ضعف تكوين البراعم الثمرية في الأشجار المثمرة. ✶ بشكل عام تكون مواصفات الثمار الناتجة سيئة.
الكالسيوم	✶ إحتراق قمم الأوراق و الشعيرات الجذرية موتها.

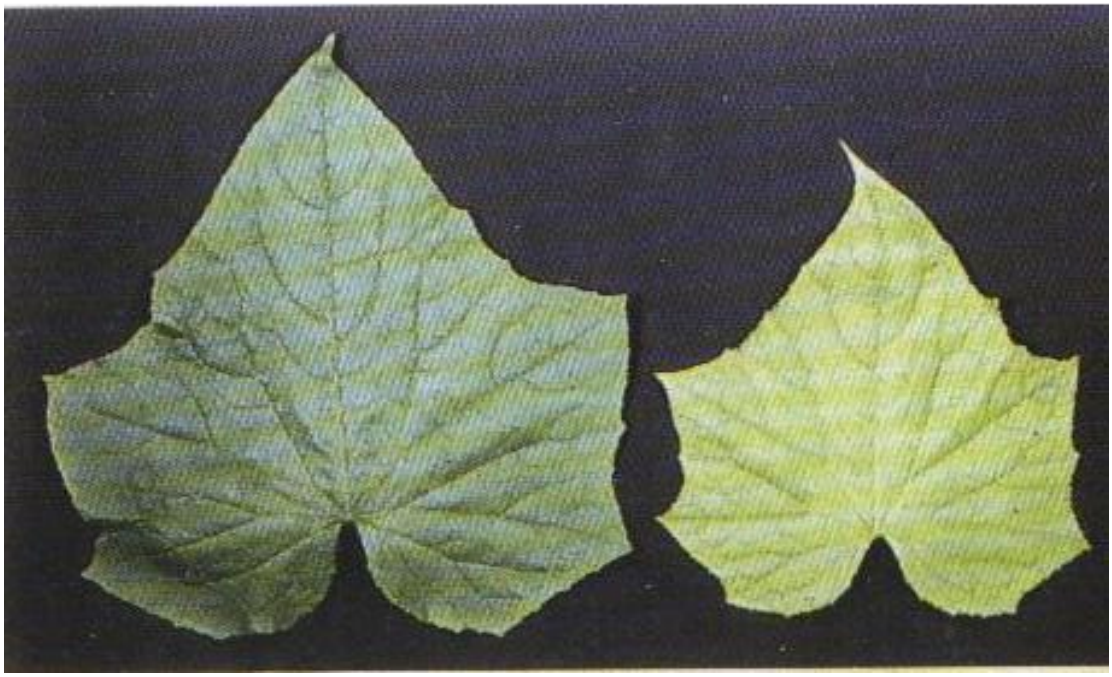
	✶ حواف الأوراق تبدو بالية – الأوراق الجديدة متلاصقة. ✶ في حالة النقص الشديد قد لا تنمو أوراق جديدة. ✶ جودة الثمار فقيرة"Blossom and Rot" .
الماغنسيوم	✶ زوال اللون الأخضر فيما بين العروق مع بقاء العروق خضراء. ✶ تتأثر الأوراق الكبيرة أولاً وفي حالات الإصابة الشديدة تسقط الأوراق وتظهر الأشجار شبه عارية.
الحديد	✶ إصفرار الأوراق بين العروق. ✶ الأوراق الجديدة باهته. ✶ النبات كله يبدو في لون أخضر باهت. ✶ بطيء في نمو بعض النباتات.
النحاس	✶ بطيء في النمو. ✶ تقزم النبات. ✶ تشوه الأوراق الجديدة. ✶ الأوراق المسنه تتدهور.
الكبريت	✶ لون أخضر فاتح باهت علي جميع أجزاء النبات ✶ الأوراق المسنه لونها أخضر باهت إلي أصفر بتطور النقص. ✶ بطيء في النمو. ✶ تقزم مع تأخر نضج النبات.
الزنك	✶ بقع صفراء بين العروق مع بقايا أجزاء حول العروق الخضراء. ✶ الأوراق الجديدة تكون قصيرة وصغيرة ومتطاولة في مجموعات وردية تخرج من زر واحد بدلاً من فروع. ✶ موت أطراف غصون الحمضيات.

	✶ يلاحظ وجود بقع زيتية في أوراق الحمضيات وصغر في حجم الثمار وسمك قشرتها. ✶ تضعف قدرة الأشجار على تكوين البراعم الثمرية وكذلك الثمار. ✶ في اللوزيات تكون الأوراق الوردية جالسة على الأفرع بدون أعناق.
المنجنيز	✶ إصفرار الأوراق بين العروق تبقى حتى الدقيقة منها خضراء. ✶ تظهر بقع بنية محروقة على الأوراق. ✶ في حالات النقص الشديد قد تتساقط الأزهار والأوراق. ✶ ظهور خطوط بيضاء طولية علي الأوراق مع بطيء في النمو. ✶ يؤثر علي جودة الأعلاف الخضراء.
البورون	✶ تشوه في تطور الأنسجة المراستيمية و تقزم القمم النامية. ✶ تساقط الأزهار والثمار ونقص في الإخصاب. ✶ إنخفاض في المحصول و درجة جودته. ✶ تقزم السلاميات.
الموليبدنم	✶ إصفرار الأوراق الطرفية ثم ظهور بقع بنية فإحتراق الحواف. ✶ تجعد الأوراق.
النيكل	✶ فشل النبات في تكوين بذور جديدة. ✶ أصفرار الأوراق
الكلور	- إصفرار الأوراق – سرعة الذبول

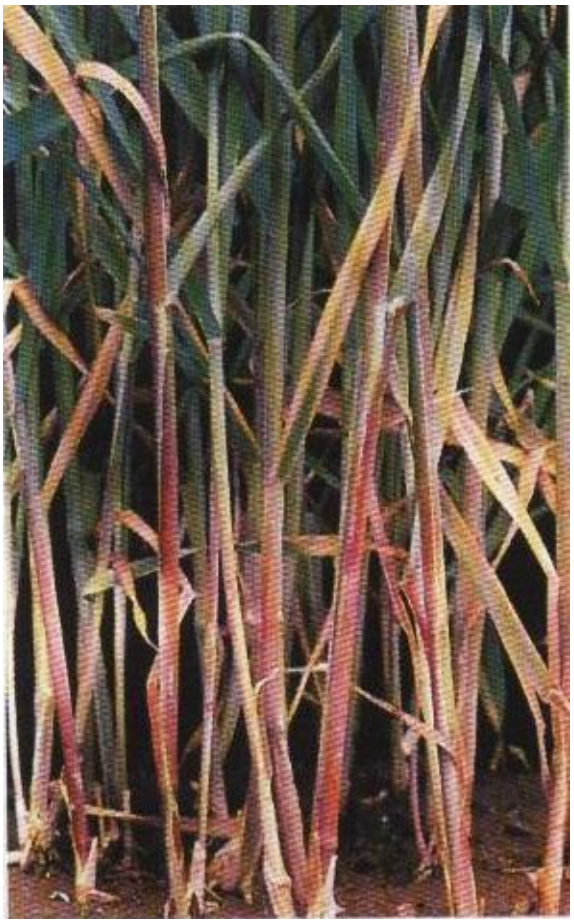
وبوجه عام يمكن القول بأن العناصر الغذائية قد تكون أساسية في مكونات الجزيئات الحيوية في النبات مثل النتروجين والفسفور والكبريت والكالسيوم والماغنسيوم، أو لها أهمية في التحولات الغذائية مثل الفسفور والحديد والنحاس والموليبدينم. وعند إمتصاص العناصر الغذائية فإما أن تكون متنقلة Mobile elements أي يمكن إنتقالها أو تحركها من الخلايا التي جمعت بها

فـي أول مـرة أي الأنسـجة القديمـة إلـي الخلايـا أو الأنسـجة الحديثـةً مثـل عناصـر النتـروجين والفسفور والبوتاسيوم والماغنسيوم. وقد تكون العناصر غير متنقلـة Immobile elements وهي لا يعاد إنتقالها من الأنسجة القديمة التـي تكونـت بهـا أول مـرة؛ ولـذا فـإن أعراضـها تظهـر علي الأنسجة النباتية الحديثة مثل نقص الكبريت والكالسيوم و الحديد.

أعراض نقص النيتروجين

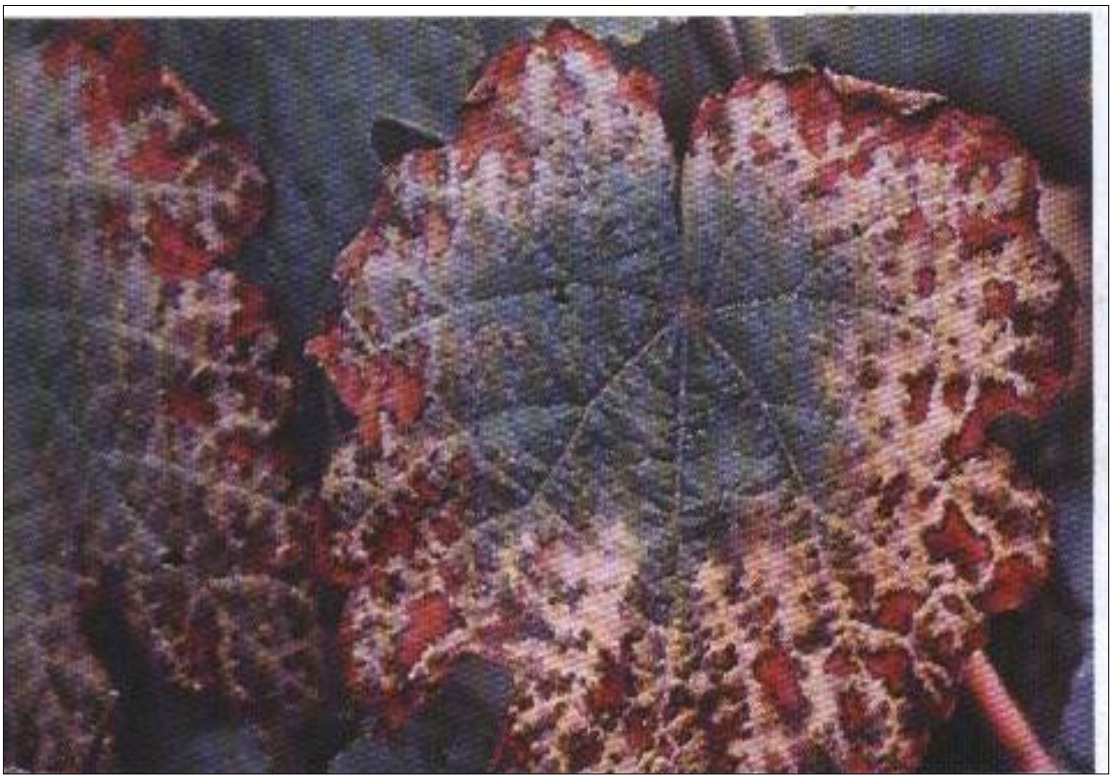


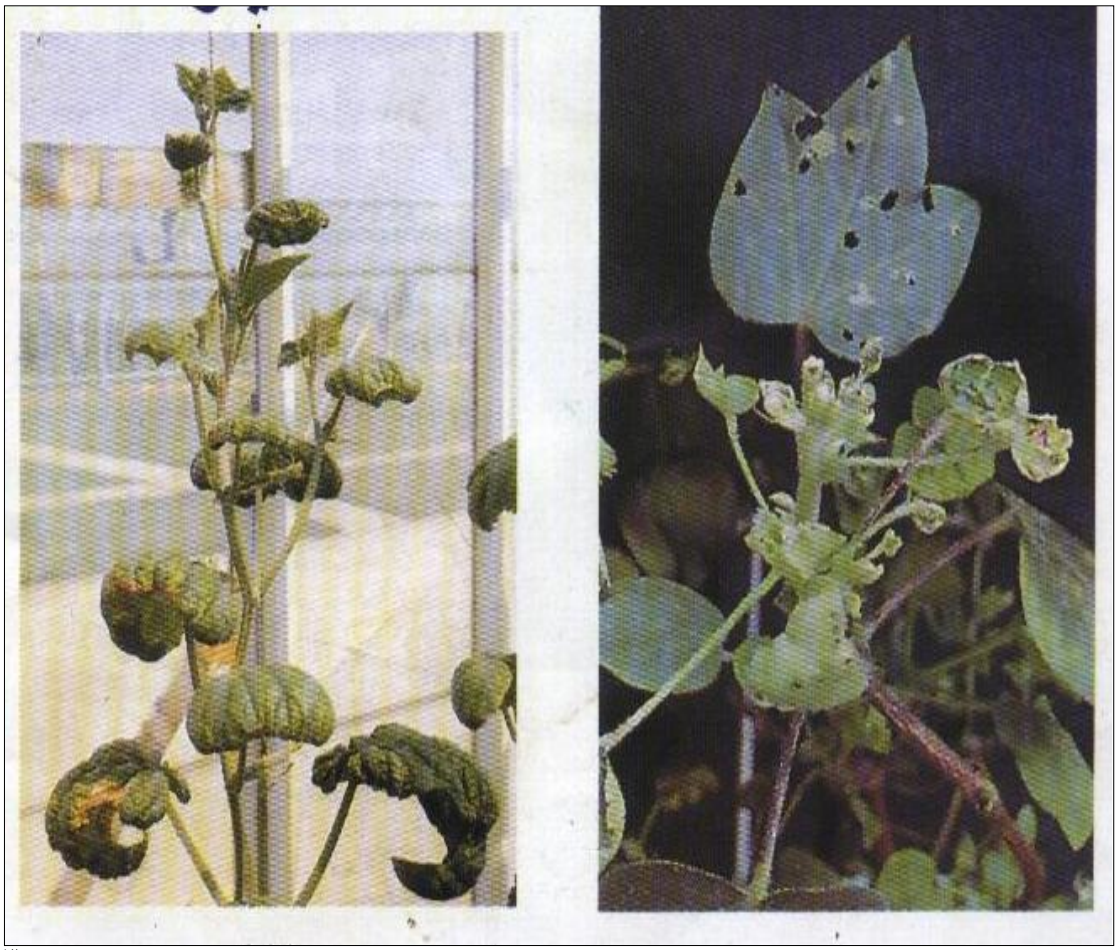
أعراض نقص الفوسفور



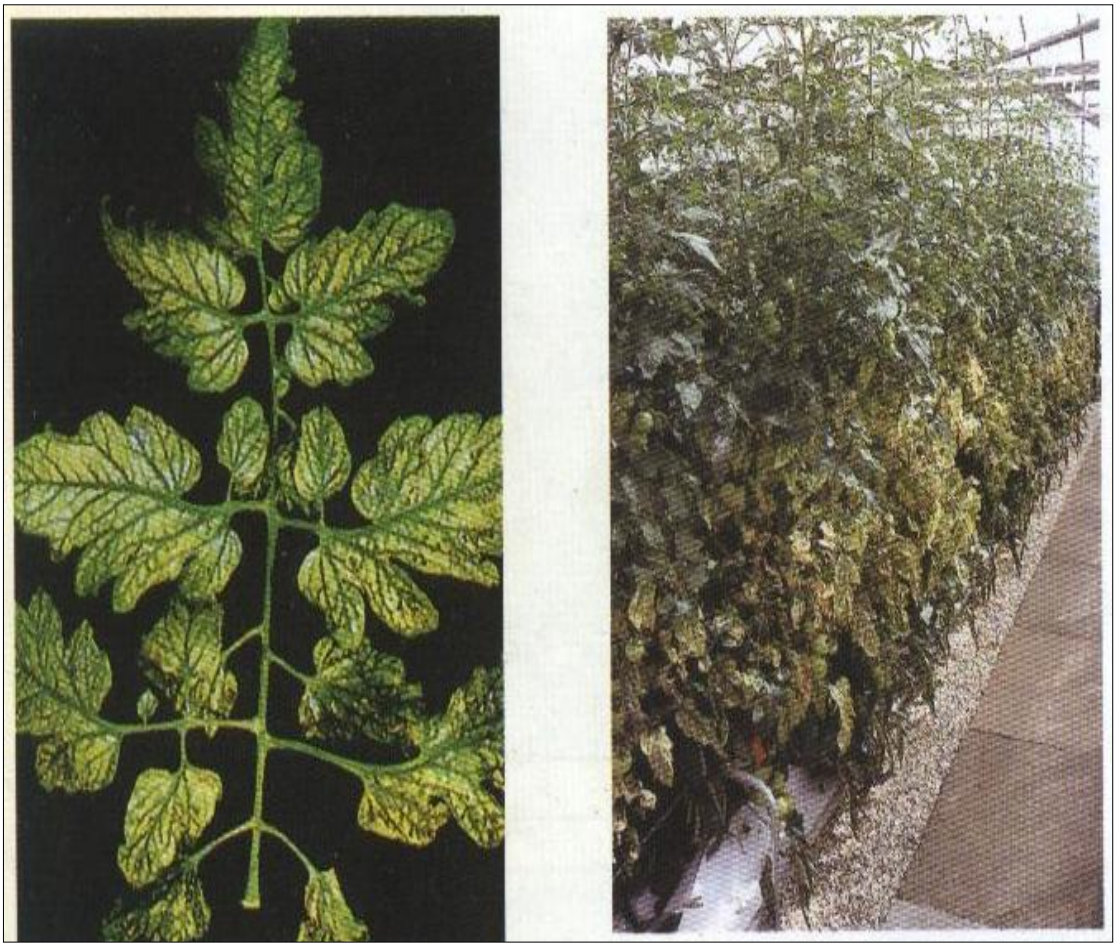
أعراض نقص البوتاسيوم

أعراض نقص الكالسيوم





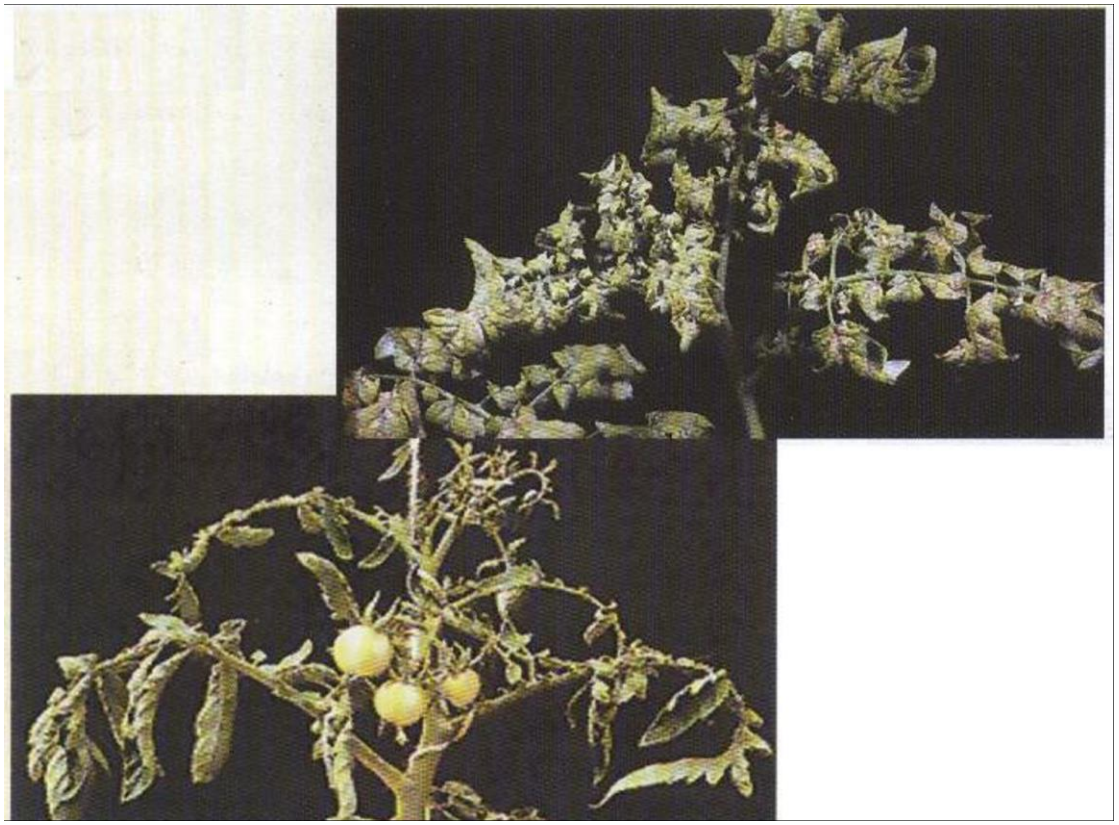
أعراض نقص الماغنسيوم



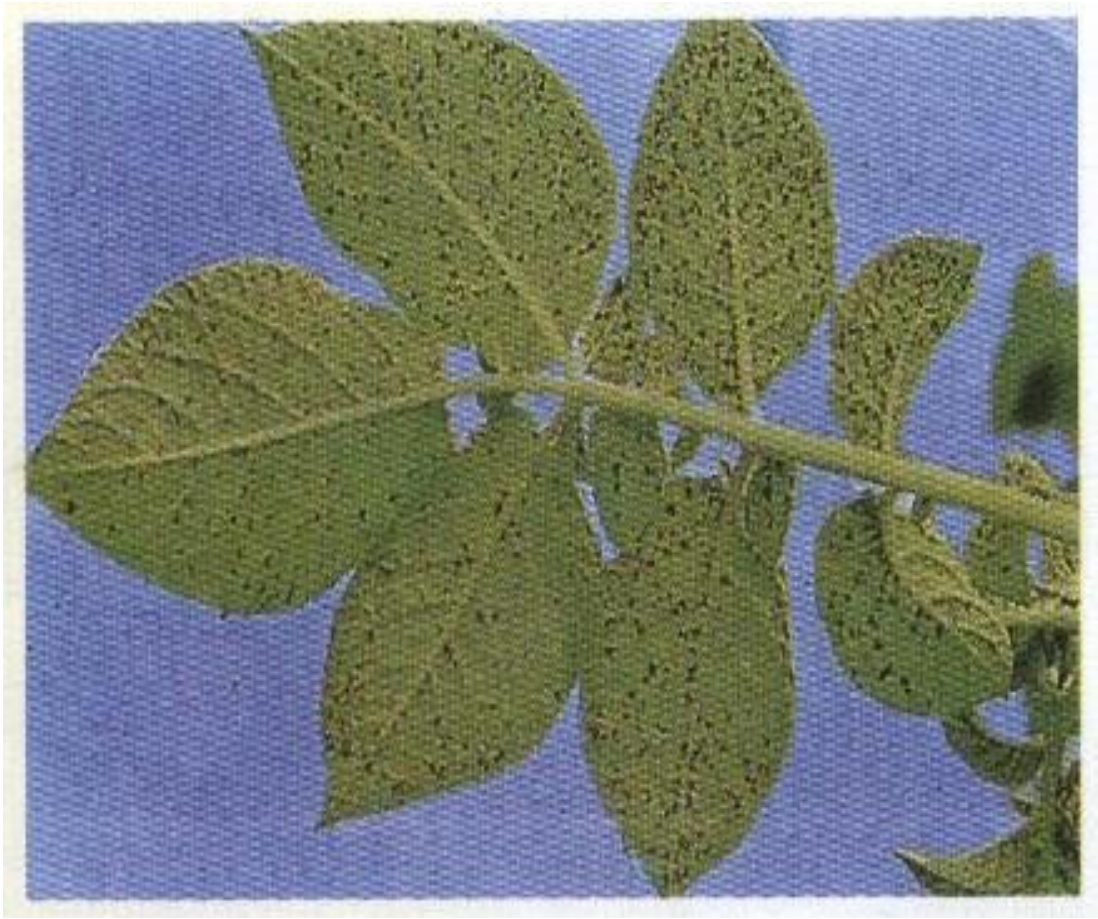
أعراض نقص الكبريت

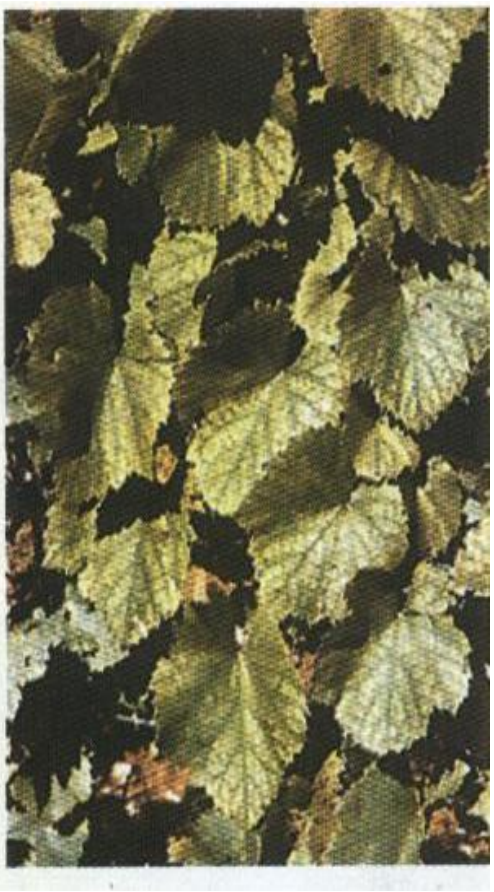
أعراض نقص الحديد

أعراض نقص الزنك

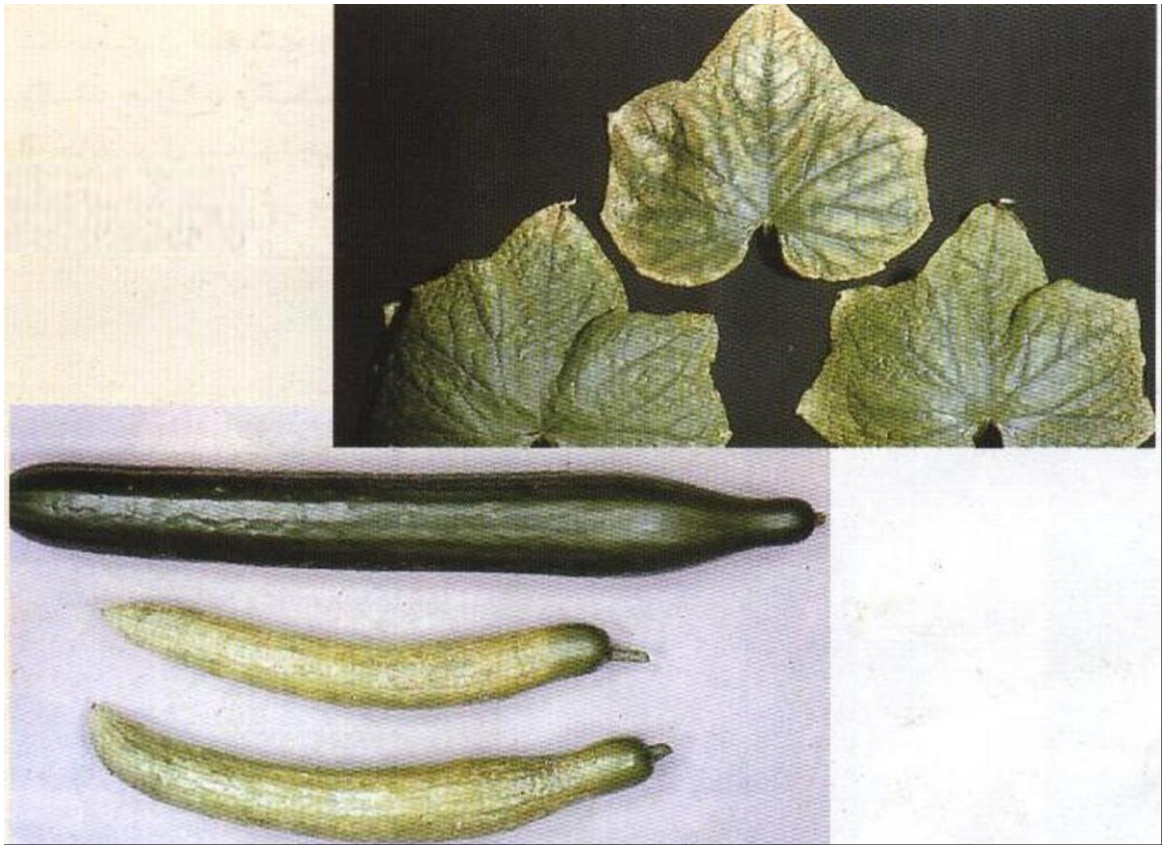


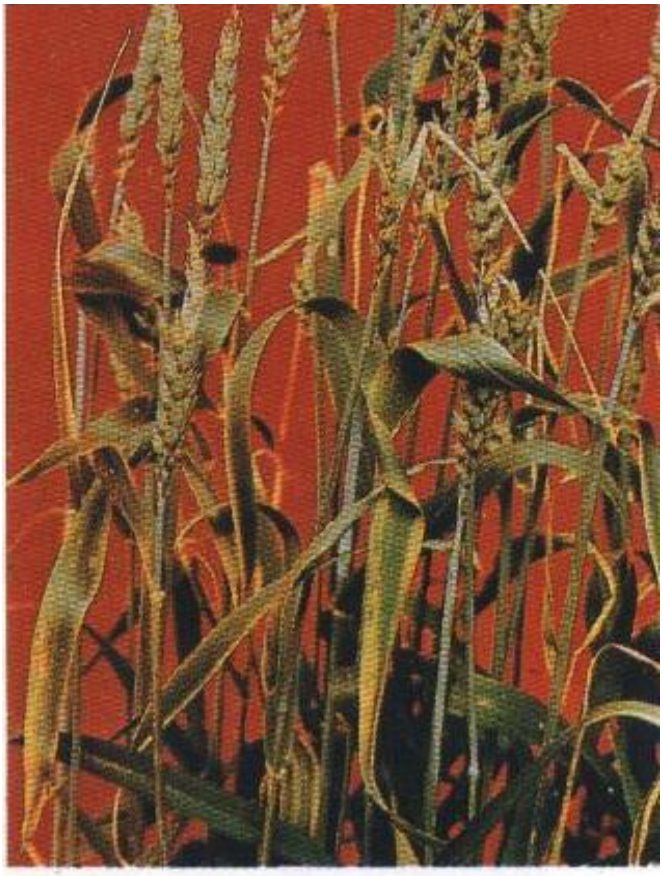
أعراض نقص المنجنيز



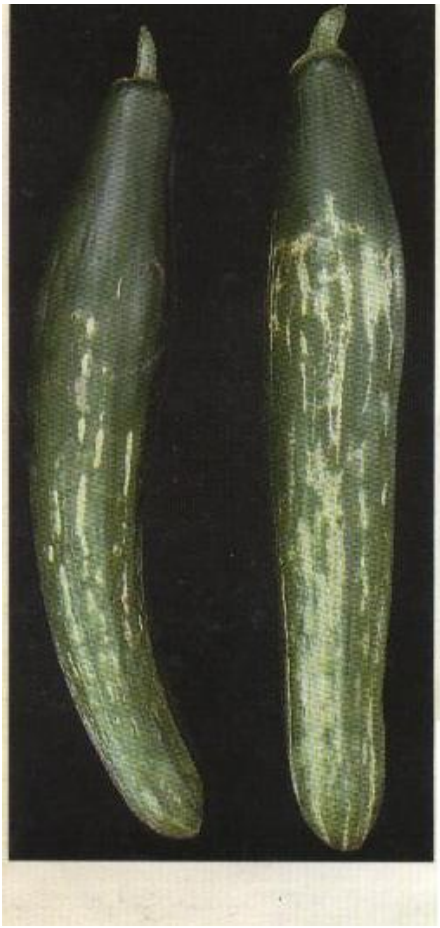


أعراض نقص النحاس





أعراض نقص البورون



أعراض نقص الموليبدنيم

أعراض نقص النيكل

أعراض نقص الكلور

ثانياً: الأسمدة الكيماوية كوسيلة تقليدية:-

قد عرف الإنسان منذ القدم أن زراعة التربة بإستمرار يؤدى إلى تدهورها وخفض إنتاجية المحاصيل المختلفة؛ لذلك لجأ قدماء المصريون وعديد من الحضارات القديمة إلى إستخدام الرماد الناتج من حرق المخلفات النباتية إلى التربة لزيادة الإنتاج الزراعي وإستعادت بعض العناصر التي إفتقدتها التربة. كما أضيفت المخلفات الزراعية إلى التربة كمواد تزيد من خصوبة التربة كما ذكر في كثير من الحضارات المصرية والصينية والآشورية والرومانية. وكان الفلاح المصري يقوم بنقل جزء من التربة المنزرعة بالبقوليات مثل الفول البلدي والعدس إلى تربة أخري إنتاجيتها منخفضة من هذه المحاصيل، ويرجع ذلك إلى إحتواء الجزء المنقول من التربة علي بكتريا العقد الجذرية التي تثبت الأزوت الجوي وتمد النبات بإحتياجاته من هذا العنصر الغذائي الهام. كما أستخدمت المخلفات الحيوانية كأسمدة لزيادة الإنتاج .

وقد لوحظ منذ القدم أن هناك تربة خصبة تزيد من إنتاج المحاصيل الزراعية النامية بها نتيجة لزيادة محتواها من المادة العضوية، وقد لاحظها الفلاح المصري القديم وأنتقلت إلى الفلاح في وقتنا الحالي حيث يقوم بتناول قبضة من التربة ويفركها بين يديه ويشم رائحتها ويتذوقها بلسانه فيعرف أنها تربة خصبة غنية بالمواد العضوية وقليلة الملوحة.

ونظرا إلى الزيادة المطردة لسكان العالم منذ منتصف القرن العشرين وزيادة الطلب علي المنتجات الزراعية وإنخفاض إنتاجية الأراضي الزراعية من المحاصيل المختلفة مما أدى إلى التطلع للإستخدام مغذيات معدنية أو كيميائية تزيد من الإنتاجية وتعوض التربة من النقص الشديد للعناصر الغذائية نتيجة لزراعتها بإستمرار.

وتعددت وتنوعت الأسمدة الكيميائية والتي يطلق عليها الفلاح المصري بالكيماويات أو الكيماوي، حيث تضمنت معظم العناصر الغذائية ومنها المغذيات الكبرى Macronutrients والتي تشمل مغذيات أولية Primary nutrients مثل النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم ويتم تقديرها بالملليجرام/جرام تربة أي جزء في المليون وهذه العناصر يتم فقدها من التربة بسرعة نتيجة لإستهلاكها بواسطة النبات بكمية كبيرة أثناء نموه أو تثبيتها، والمغذيات الثانوية Secondary nutrients وهي تشمل الكالسيوم والماغنسيوم والكبريت وهي موجودة في التربة عادة بكميات وافية ولا يتم أضافتها كأسمدة بإستمرار. ويلاحظ أن كلا من الكالسيوم والماغنسيوم يوجدان في التربة بكميات كافية لتغذية النبات عند إستخدام الجير أو الكلس Lime لمعالجة الأراضي أو التربة الحامضية. كما أن الكبريت يوجد بكميات وافية

نتيجة للتحلل البطيء للمواد العضوية. ومن العناصر الغذائية المغذيات الصغرى Micronutrients وهذه أساسية أيضا لنمو النبات التي يحتاج إليها النبات بكميات ضئيلة وتسمى أحيانا بالعناصر المكملة Minor elements أو العناصر النادرة Trace elements. وتشمل المغذيات الصغرى كل من البورون والنحاس والحديد و الكلوريد والمنجنيز والموليبدينم والزنك والنيكل.

ماذا يقصد بالسماد؟

يعرف السماد بأنه المادة العضوية أو الكيمائية (غير عضوية) التي تضاف للتربة لتعويض فقد عنصر غذائي واحد أو أكثر أو بزيادتها للتربة إلي الحد الأمثل والمتوازن لنمو النبات المعدني لرفع الإنتاجية والإنتاج.

أهمية إستخدام الأسمدة

يقصد بها معدل الزيادة في الإنتاجية والإنتاج لكل وحدة سمادية أو جرعة مضافة للمحصول مثال: عدد الكيلو جرامات من المحصول الناتجة عن إضافة كيلو واحد أو جرعة سمادية مع توفر كل العمليات الزراعية الأخرى كالأصناف المحسنة من البذور ومعدلاتها والموعد المناسب للزراعة والتجهيزات الجيدة للتربة والحد الأمثل من الري والري بالحد الأمثل، كما إن طرق ومواعيد إضافة الأسمدة للتربة ونوعيتها تؤثر سلباً أو إيجاباً علي فعاليتها.

حموضة وقاعدية الأسمدة

معظم التأثير الحمضي للأسمدة يأتي من نشاط بكتريا التربة التي تحول نيتروجين الأمونيوم إلي نترات (NO_3) أثناء عملية (Nitrification) فنيتروجين الأمونيوم ينتج الأثر الحمضي الذي تحدثه الأسمدة التجارية مثل أكاسيد الكبريت يسمي تركيز أيونات الهيدروجين في التربة بالحموضة النشطة وتقاس درجة حموضة وقاعدية التربة بمدرج الرقم الهيدروجيني pH والذي يتراوح بين ١- ١٤.

أنواع الأسمدة الكيماوية:-

يمكن تقسيم الأسمدة الكيماوية إلى:-

١. **أسمدة بسيطة (straight Fertilizer) :-** وهي تحتوي علي عنصر غذائي واحد فقط(نتروجين أو فسفور أو بوتاسيوم).

٢. **أسمدة مركبة (أو مخلوطة) :-** وهي تحتوي علي أثنين أو أكثر من العناصر المغذية للنبات مثال N_2 , P_2O_5 أو بوتاسيوم K_2 ويتم ذلك عن طريق دمجها أو خلطها كيمائياً أو فيزيائياً من مركبات هذه المواد مع بعضها.

٣. **أسمدة مركزة:-** خليط سماد يحتوي ٣٠% أو أكثر من العناصر المغذية للنبات $N_2+P_2O_5+K_2$.

٤. **أسمدة ذات تحكم إستخدامي :-** وهي الأسمدة التي تتحرر ببطء وتحتوي علي مغذيات النبات في الشكل الذي يؤخر إستخدامها وإمتصاصها بواسطة النبات لمدة أطول مقارنة مع الأسمدة الجاهزة للإمتصاص(Adsorption) كأسمدة نترات الأمونيوم واليوريا وفوسفات الأمونيوم.

٥. **أسمدة العناصر الصغرى (Fe, Cu, Zn, Mn, b, I, Cl) :-** خليط من مركبات عديدة لتوفير العناصر الصغرى في صورة متاحة للنبات.

٦. **الأسمدة التجميعية :-** تجميع عدد من الأسمدة ذات الحجم الحبيبي المتماثل بواسطة الخلط الجاف دون حدوث تفاعلات كيمائية.

٧. **الأسمدة المعقدة:-** سماد مركب يتم تحضيره بواسطة التفاعلات الكيمائية.

طرق وضع الأسمدة الكيماوية

هناك عدة طرق:-

١. **السرسبة في بطن الخط :-** يتم وضع السماد بهذه الطريقة في أشرطة ضيقة حول البذور والبادرات خاصة في المحاصيل التي تزرع في خطوط لتوفير مصدر غذائي.

٢. **السرسبة العميقة:-** هي طريقة لإضافة الأسمدة قبل الزراعة بوضع السماد علي عمق ٢-٦ بوصات تحت سطح التربة وفي بعض الحالات قد يصل العمق إلي ١٥ بوصة تكون الأسمدة المضافة بهذه الطريقة في حالة صلبة، سائلة أو غازية وتصبح المواد المراد إضافتها بتركيز عالي حول النبات.

٣. **إضافة السماد علي شكل أشرطة:-** هي طريقة إضافة السماد علي شكل أشرطة علي سطح التربة.

٤. **وضع السماد مع البذرة:-** هي طريقة وضع السماد إما بالإلتصاق مع البذور أو بجانب البذور وعادة تتم آلياً.

٥. **طريقة النثر:-** طريقة تستخدم لإضافة الأسمدة الصلبة أو السائلة علي سطح التربة، يضاف السماد بهذه الطريقة قبل أو بعد الزراعة ويدفن السماد أحيانا أثناء الحراثة.

٦. **الإضافة مع الماء:-** هي طريقة إضافة الأسمدة بهذه الطريقة (fertigation) تستخدم في هذه الطريقة محاريث ذات قواطع ضيقة وضغط عالي لوضع الأسمدة السائلة في أحزمة رأسية من سطح الأرض للعمق المطلوب.

٧. **طريقة الوضع:** هي طريقة وضع السماد في حزم أو أشرطة في وضع محدد فوق أو تحت سطح الأرض.

٨. **الإضافة علي أوراق النبات:-** هي طريقة إضافة الأسمدة الذائبة علي أوراق النبات وتستخدم في إضافة بعض العناصر الكبرى وكل العناصر الصغرى.

أهمية كيفية إضافة السماد

١. لأنها توفر ظروف مثلي لإمتصاصه بواسطة النبات فإستعمال السماد فقط لا يضمن إمتصاصه.

٢. تجنب وضع الأسمدة قرب البذور والبادرات فقد يكون وضع النتروجين أو الفسفور أو البوتاسيوم أو الأملاح الأخرى ضاراً وكقاعدة يجب أن تكون هنالك تربة حرة بين السماد والبذرة.

ثالثآ: أضرار إستخدام الأسمدة الكيماوية

مفهوم تلوث التربة الزراعية:-

تلوث التربة الزراعية يعرف بأنه الفساد الذي يصيب التربة الزراعية فيغير من صفاتها وخواصها الطبيعية أو الكيميائية أو الحيوية بشكل يجعلها تؤثر سلباً بصورة مباشرة أو غير مباشرة على من يعيش فوق سطحها من إنسان وحيوان ونبات.

يتوقف التلوث بالتربة الزراعية على نوع التلوث، صفات الأرض، الظروف المناخية والعوامل الطبيعية.وقد يكون بصورة فورية مثل الزلازل والبراكين أو بصورة تدريجية مثل إستخدام المبيدات والأسمدة المعدنية وإعادة إستخدام المياه العادمة في ري الأراضي.

الملوثات التي تختلط بالتربة الزراعية تفقدها خصوبتها حيث تسبب قتل الميكروبات المسئولة عن تحليل المواد العضوية الموجودة بالتربة وتثبيت عنصر النتروجين بها. بل قد تحتوى التربة على مكونات بيولوجية قد تكون مسببات أمراض من كائنات دقيقة بكترية وفطرية وبروتوزوا وفيروسيه.

وقد تحتوى التربة على مصادر العدوى بديدان الأمعاء من بيض ويرقات والتي قد تصل إلى التربة مباشرة عن طريق الإنسان أو عن طريق مياه الري الملوثة بمياه الصرف الصحي وبعض تلك الديدان تسبب أمراض خطيرة مثل الأنيميا وأمراض الكبد والكلى والأمعاء. ولذلك فالمحافظة على التربة من التلوث والتدهور ضرورة حتمية من ضروريات العصر لإرتباطها بصحة ووجود الإنسان.

ويعتبر الوعي البيئي هو أهم الطرق للحفاظ على التربة من التلوث ويتحقق ذلك عن طريق رفع المستوى التعليمي والثقافي وتعليم الأفراد كيفية التعامل مع التربة بحيث يصبح جزء من سلوك الفرد حيث أن المحافظة على التربة من التلوث هي مسئولية جماعية تتطلب الإقتناع التام بمسئولية الأفراد تجاه التربة بحيث يصبح الحفاظ عليها أمرا واقعيا.

الأسمدة الكيماوية . . . Chemical Fertilizers

تعتبر مصر من أكثر الدول العربية استهلاكا للأسمدة المعدنية حتى عام (٢٠٠٠) حيث بلغ مليون طن سنوي من الأسمدة النيتروچينية و ٢٥٠.٠ ألف طن سنوي من الأسمدة الفوسفاتية.

ومع إتباع أسلوب الزراعة المكثفة أصبح هناك إستنزاف مستمر للعناصر الغذائية الموجودة بالتربة وخاصة النيتروچين ومع محدودية إستخدام الأسمدة العضوية والإتجاه نحو إستخدام الأسمدة الكيماوية وخاصة النيتروچينية قد أدى إلى تلوث التربة بالنترات ومن ثم إلى مياه المصارف بالغسيل. بالإضافة إلى مركبات الفسفور تؤدى إلى ترسيب بعض العناصر النادرة الموجودة في التربة الزراعية والتي يحتاجها النبات في نموه وتحويلها إلى مركبات عديمة الذوبان في الماء فالبكتيريا والكائنات الحية الدقيقة الأخرى بالتربة تقوم بتحويل المواد النيتروچينية في هذه الأسمدة إلى نترات وهذا يزيد من خطر تلوث التربة بالنترات. وفى نفس الوقت يمتص النبات جزء منها ويتبقى الجزء الأكبر في التربة وماءها. ويكون هناك عدم إتزان بين العناصر الغذائية داخل النبات مما يؤدى إلى تراكم كميات كبيرة من النترات في الأوراق والجذور وينتج عنه تغير في طعم الخضروات والفواكه وتغير لونها ورائحتها.

ومن أمثلة النباتات التي تخزن في أجسامها وأنسجتها نسبة عالية من النترات وقدر صغير من أيون النيتريت الذي ينتج من إختزال النترات في بعض أنواع البقول والفجل والجزر كما يوضحه الجدول التالي:-

م	نوع النبات	النترات (ملجم / كجم)	النيتريت (ملجم / كجم)
١	البنجر	٢١٣٤	٣.٣
٢	الجزر	١٨٣	١.٥
٣	الكرنب	٣٣٠	٢.٣
٤	الفجل	٢٦٠٠	٧.٣
٥	الكرفس	١٣٢١	٠.٧
٦	الخس	١٣٦١	٨.٧
٧	السبانخ	٤٤٢	٣.٢
٨	الخيار	١٥٦	٨.٠
٩	الفاصوليا الخضراء	١٥٣	٥.٣

من أهم عوامل وأسباب التلوث بالأسمدة الكيماوية هى :-

(أ) التكثيف المحصولى:- يؤدى إلى إستنزاف مستمر للعناصر الغذائية الموجودة في التربة وخاصة النيتروجين مما أستدعى إستخدام الأسمدة الكيماوية بغزارة.

(ب) معدل سقوط الأمطار والري:- تؤدى إلى فقدان هذه الأسمدة النتروجينية إلى المياه الجوفية في باطن الأرض الأمر الذي يؤدى إلى تلوثها أو تشارك مع مياه الصرف الزراعي في نقلها إلى المجارى المائية ومن ثم تضر الكائنات الحية والنباتات عند إعادة إستخدامها في الري. أما الأسمدة الفوسفاتية فهي لا تذوب في الماء والإسراف فيها يؤدى إلى ترسيب بعض العناصر النادرة في التربة والتي يحتاجها النبات في نموه وتحويلها إلى مواد عديمة الذوبان في الماء حيث تكون هذه العناصر بعيده عن جذور النباتات ولا تستطيع إمتصاصها.

(جـ) البكتريا والكائنات الدقيقة الحية:- تقوم بتحويل المواد النتروجينية في هذه الأسمدة إلى نترات وهذا يزيد من خطر تلوث التربة بالنترات.

ويوضح الجدول التالي أن الأسمدة المعدنية والأسمدة المصنعة من المخلفات البلدية تعتبر من أهم مصادر تلوث التربة بالعناصر السامة:

العنصر	الأسمدة الفوسفاتية	الأسمدة النيتروجينية
	ملجم / كجم سماد	
الزرنيخ	٢ – ١٢٠٠	٢.٣ – ١٢٠
البورون	٢ – ١١٥	-
الكادميوم	٠.١ – ١٧٠	٠.٠٥-٨.٥
الكوبلت	١ – ١٢	٥.٤-١٢
الكروميوم	٦٦ – ٢٤٥	٣.١-١٩
النحاس	١ – ٣٠٠	-
الزئبق	٠.٠١ – ١.٢	٠.٣-٢.٩
المنجنيز	٢٠ – ٤٠	-
المولبيديوم	٠.١ – ٦٠	١-٧
النيكل	٧ – ٣٨	٧-٣٤
الرصاص	٧ – ٣٢٥	٢-٢٧
القصدير	١٠٠	-
السيلنيوم	٠.٥	-

يورانيوم	٣٠ ــ ٣٠٠	-
الفانديوم	٢ ــ ١٦٠٠	-
الزنك	٥٠ ــ ١٤٥٠	١.٤٢

وسوف يتم ذكر الأضرار الناجمة من الإسراف في إستخدام هذه الأسمدة.

الأمونيا

الأمونيا غاز عديم اللون يمكن إسالته بالضغط، تذوب الأمونيا في الماء حتى نسبة ٣٤%، وتبلغ درجة حرارة الغليان ١٥.٥مْ. والأمونيا مادة مسببة للتآكل (corrosive) ذات رائحة نفاذة (حادة) وتعتبر المصدر الرئيسي للنتروجين المكون لكافة الأسمدة النتروجينية وأسمدة الأمونيوم الفوسفاتية.

تتسبب الأمونيا اللامائية في حدوث الإلتهابات والتهيجات بالجلد والأعين والأنف والحلق والجزء العلوي من الجهاز التنفسي و الأمونيا هي المصدر الرئيسي لعنصر النتروجين اللازم لنمو النباتات المائية.

ترجع المشاكل البيئية التي تتسبب فيها الأمونيا إلي خاصية ذوبانها في الماء وميلها للتسرب في الحالة الغازية. وقد تتسبب الأمونيا في حدوث أضرار بالغة بالحياة البرية، وعند إمتصاصها في التيارات المائية تسبب أضراراً للأسماك ولأسماك المياه الباردة كذلك.

أما في الهواء فتتحد الأمونيا مع أيونات الكبريتات وتذوب في مياه الأمطار لتعود بسرعة إلي التربة والمسطحات المائية. وتعتبر الأمونيا مركباً رئيسياً في دورة النتروجين في الطبيعة وتتحول الأمونيا في البحيرات والأنهار والمجارى المائية الطبيعية إلي نترات.

حامض الفوسفوريك

يتكون حامض الفوسفوريك من مادة صلبة بلورية كثيفة عديمة اللون والرائحة ويستخدم غالباً كمحلول مائي حيث أنه يذوب في الماء، وتبلغ درجة غليان حامض الفوسفوريك ٢٣٠.٥مْ. ويعتبر حامض الفوسفوريك المصدر الرئيسي للفسفور الأولى المستخدم في صناعة الأسمدة الفوسفاتية.

وحامض الفوسفوريك مادة أكالة تتسبب في تهيج الجلد والعيون بالملامسة وحدوث تقرحات بالأغشية والأنسجة، كما أنه يؤدى إلي التسمم في حالة البلع أو الإستنشاق.

وحتى الآن لم يثبت علمياً أن حامض الفوسفوريك من المواد المسببة للسرطان. أما في الطبيعة فإن المعادن المسببة لعسر المياه تؤدى إلى خفض درجة حامضيته وتظل أملاح الفوسفات باقية في التربة حتى تستخدمها النباتات كسماء طبيعي.

مركبات النترات

تتكون العديد من المركبات الأزوتية (مركبات النترات) أثناء صناعة الأسمدة النتروجينية. وتذوب بعض هذه المركبات في الماء على شكل أيونات النترات التي تتسبب في أضرار بيئية وصحية بالغة. إذ يؤدى تعرض الأطفال لأيونات النترات في المياه إلي إنخفاض قدره الهيموجلوبين بالدم على الإتحاد بالأكسجين ويترتب على ذلك تلف بأعضاء الجسم والوفاة نتيجة لنقص الأكسجين.

أكاسيد الكبريت

تعتبر أكاسيد الكبريت ضارة بصحة الإنسان، فتسبب التهابات الجهاز التنفسي. وإستنشاق تركيزات صغيرة منها يتسبب في آلام ناتجة من حروق صدرية. ويعد تلوث الهواء بأكاسيد الكبريت من أهم المشكلات البيئية وهى مركبات ضارة للحيوانات والنباتات ولمواد البناء كما أن ذوبان هذان الجزئيان في جزئيان بخار الماء العالقة في الجو يسبب ظاهرة الأمطار الحمضية التي تؤدي إلى تآكل المعادن والأحجار الجيرية ومواد أخرى مختلفة.

اليوريا

تتواجد اليوريا إما على شكل بلورات منشوريه عديمة اللون أو بيضاء أو على هيئة مسحوق أبيض متبلور. واليوريا تكاد تكون عديمة الرائحة غير أنها بمرور الوقت وفي وجود الرطوبة تصدر رائحة أمونيا خفيفة.

تتسبب اليوريا في إحمرار وتهيج الجلد والعينين، كما تتسبب في حدوث ردود أفعال متباينة في الجسم مثل الصداع والغثيان والقيء والإغماء وفقدان الإتزان والشرود المؤقت والإستنفاد الإلكتروليتى(نقص الصوديوم ونقص البوتاسيوم yponatremia and hypokalemia).

ويؤدى تعرض العيون لليوريا في حدوث إنخفاض في الضغط الشرياني يتلوه إرتفاع في الضغط الداخلي للعين وزيادة في الحجم البلوري. وتتسبب اليوريا في تهيج الأنسجة عند

الملامسة والإحساس بالألم في موضع الملامسة وقد يترتب على ذلك موت الخلايا في هذه الموضع إذا لم تجرى عملية بزل (extravasations) سريعة.

أما في الطبيعة فإن إستخدام الأسمدة النتروجينية مباشرة في التربة يؤدى إلى تحرر اليوريا وفى الهواء الجوى تتحلل اليوريا سريعاً متفاعلة مع شق الهيدروكسيل (hydroxyl radial) الناتج عن التفاعلات الكيماوي ضوئية (التفاعلات الفوتوكيمائية وهي تفاعلات كيميائية يحفزها وجود الضوء). أما في التربة فتتحلل اليوريا بالماء إلى أمونيا بواسطة أنزيم يورييز التربة (soil urease enzyme). ويتراوح معدل التحلل في التربة بين يوم واحد أو عدة أيام، وبين عدة أسابيع وفقاً لعدة عوامل. إذ يؤدى زيادة حجم حبيبات السماد مثلاً إلى إنخفاض معدل التحلل.

وتتحلل اليوريا سريعاً في المياه (التحلل الحيوي biotic hydrolysis) حيث تعتمد العوالق النباتية المائية على اليوريا كمصدر للنتروجين وتزيد من معدلات تحللها بوساطة التمثل الضوئي (photosynthesis) كما تزيد أشعة الشمس وأرتفاع درجات حرارة المياه من معدلات التحلل. وعند تحلل اليوريا حيوياً ينطلق ثاني أكسيد الكربون والأمونيا.

أما في غياب الكائنات الحية الدقيقة تتواجد اليوريا في المحاليل المائية في حالة توازن مع أيونات الأمونيوم ومماثلات السانات (isocyanate)، وتتحلل ببطء شديد منتجة كربامات الأمونيوم (ammonium carbomate) الذي يتحلل بدوره إلى أمونيا وثاني أكسيد الكربون.

ويؤدى أرتفاع درجة حرارة ودرجة قلوية المياه إلى تحفيز عملية تحلل اليوريا. إن إضافة اليوريا إلى المياه يؤدى إلى إنخفاض القدرة على إمتصاص عنصر الفسفور. ويتم التعرض المهني لليوريا عن طريق الملامسة (الجلد) أو إستنشاق الغبار (الجهاز التنفسي).

الميثانول

الميثانول هو سائل عديم اللون، ذو رائحة نفاذة. وذو قابلية للإمتزاج في الماء، درجة غليانه ٨١.٦ مْ. ينتج الميثانول أثناء إنتاج الأمونيا ويستخدم كذلك كمذيب ولتنظيف المعدات. وهو مادة سريعة الإشتعال، يعد من المواد سهلة الإمتصاص في الأمعاء والشعب الهوائية، سام عند مختلف التركيزات المعتدلة والمرتفعة. ويتحول الميثانول في الجسم إلى حمض الفورميك والفورمالدهيد. كما يفرز من الجسم في صورة حمض الفورميك.

وعند التركيزات المرتفعة فان أبرز أعراض السمية تشتمل علي تلف الجهاز العصبي المركزي بالإضافة إلى العمى. كما أن تعرض الحيوانات لمدد طويلة لتركيزات مرتفعة من الميثانول يؤدي إلى تلف الكبد والدم.

ومن الناحية البيئية فالميثانول يعتبر ذو تأثير ضعيف علي الكائنات الحية المائية. والتركيز القاتل لنصف عينة الإختبار من الكائنات الحية الدقيقة يصل إلى ١ مجم/لتر. ومن غير المعتاد أن يبقى أو يتراكم الميثانول في الكائنات الحية المائية. لا يوجد دليل حاليا على أنه يسبب السرطان.

عادة ما يتبخر الميثانول عند تركه معرضا للجو. ويتفاعل مع الهواء مكوناً الفورمالدهيد والذي يسهم بدوره في تلويث الهواء. كما أنه يمكن أن يتفاعل مع عدد من الكيماويات التي يحتويها الهواء الجوي أو يمتص في مياه الأمطار. والميثانول يسهل التخلص منه في التربة والمياه وذلك بواسطة الكائنات التي تتغذى عليه.

بخار الماء

ينظم القانون ٤ لسنة ١٩٩٤ حدود الرطوبة في بيئة العمل لما لها من تأثيرات ضارة على الجهاز التنفسي و خاصة عند الأشخاص الذين يعانون من أزمات تنفسية.

حامض الكبريتيك

حامض الكبريتيك هو سائل أكال (corrosive) زيتي القوام عديم الرائحة، يتراوح لونه بين الأبيض والبني الداكن، وهو سائل قابل للإمتزاج وتبلغ درجة حرارة غليانه ٣٠٧.٧ مْ.

أما حامض الكبريتيك النقي فهو مادة صلبة عند درجات الحرارة الأقل من ٢٨ مْ. ويتفاعل حامض الكبريتيك بعنف مع الماء وتتولد الحرارة عن هذا التفاعل. ويدخل حامض الكبريتيك ضمن المدخلات المستخدمة في صناعة معظم الأسمدة. ويتسبب رذاذه في أمراض متعددة تلحق بالجهاز التنفسي كالسعال ويؤدى إلى تهيج الأغشية المخاطية عند الملامسة وتهيج العيون وتآكل الأغشية المخاطية المبطنة للفم والحلق والمرئ وآلام فورية وعسر في عملية الإبتلاع.

وهناك أدلة كافية تؤكد أن التعرض المهني لأبخرة الأحماض غير العضوية بما فيها حامض الكبريتيك يعد من العوامل المسببة للسرطان. أما فى البيئة فتتسبب الحوادث التي يتسرب من خلالها حامض الكبريتيك إلى المسطحات المائية فى الأضرار بالحياة المائية في بسبب زيادة درجة حمضية المجارى المائية (إنخفاض الأس الهيدروجيني).

ويساعد رذاذ حامض الكبريتيك المنبعث إلى الجو في تكون الأمطار الحمضية التي تلحق أضراراً بالغة بالمحاصيل والغابات. أما المياه السطحية والتربة فلها قدرات كبيرة على معادلة حامض الكبريتيك المتسرب إليها جزئياً.

الجسيمات الدقيقة

إن معظم الأضرار الصحية الناتجة عن التعرض للجسيمات العالقة تتسبب فيها جسيمات متناهية في الصغر، أقل من ١٠ جزء في المليون وتخترق هذه الجسيمات طريقها حتى تصل إلى الرئة مسببة أعراض مرضية مختلفة (مثل الربو الشعبي، السعال والأزمات التنفسية..الخ).

ومعظم هذه الجسيمات العالقة تكون ناتجة عن عمليات الإحتراق الغير تام ومن أمثلتها: الرماد، السناج والمركبات الكربونية. بالإضافة إلى ذلك تضم الجسيمات العالقة متكثفات حمضية ومعادن مثل الرصاص والكادميوم و كبريتات ونترات.

ثاني أكسيد الكربون

يسهم حرق الوقود العضوي لإنتاج الحرارة والكهرباء في ظاهرة الإنحباس الحراري بسبب تكوين ثاني أكسيد الكربون حيث تتكون طبقة من هذا الغاز تمنع تسرب الإنبعاث الحراري من الأرض مما يؤدى إلى إرتفاع درجة حرارة سطح الكرة الأرضية.

أكاسيد النيتروجين

تذوب أكاسيد النيتروجين في بخار الماء مسببة الأمطار الحمضية. وتسبب هذه الأكاسيد التهابات حادة في الأعين والجهاز التنفسي. كما تسبب التركيزات العالية الإختناق الفوري.

أول أكسيد الكربون

يتم إمتصاصه عن طريق الرئتين ويتحد الغاز مع الهيموجلوبين والسيتكروم والأنزيمات (metalloenzymes). يتحد أول أكسيد الكربون مع الهيموجلوبين في الدم و تقل بذلك قدرة الهيموجلوبين على نقل الأكسجين فيحدث تسمم مبدئي.

كبريتات الأمونيوم

تنتج كبريتات الأمونيوم خلال عمليات صناعة الأسمدة كبريتات الأمونيوم وتعبئتها وتخزينها. ويؤدى إستنشاقها إلى إنقباض القصبة والشعب الهوائية مما يتسبب في إنخفاض تدفق تيار الهواء إلى الرئة. كما تتسبب أتربة كبريتات الأمونيوم في تهيج الجلد والعيون والجهازين

الهضمي والتنفسي. ولا تعتبر كبريتات الأمونيوم من المواد المسببة للسرطان. يتسبب إحتراق كبريتات الأمونيوم في إنبعاث الغازان السامة مثل الأمونيا وأكاسيد الكبريت والنيتروجين وحامض الكبريتيك.

الجبس

يتسبب التعرض لأتربة الجبس في تهيج الأغشية المخاطية المبطنة للفم والجهاز التنفسي والعينين. ويتسبب إستنشاق العاملين للأتربة بشكل مستمر في التهاب مزمن بالأنف والبلعوم والمرئ وتلف حاسة الشم والتذوق، بالإضافة إلى نزيف الأوعية الدموية في الأنف والتهاب الأغشية المبطنة للشعب الهوائية. وتحتوى مخلفات الجبس على الفلوريد وبقايا المعادن.

الكاؤلين (kaolin)

يتسبب إستخدام مادة الكاولين في حدوث أورام حبيبية غير ضارة بالمعدة (granuloma).

أما إستنشاق الكاولين في بيئة العمل فيتسبب في تليف رئوي مزمن بالأنسجة الحشوية وفى العقد اللمفاوية.

فلوريد الهيدروجين

يتواجد فلوريد الهيدروجين على هيئة غاز عديم اللون أو سائل متبخر، له رائحة نفاذة ومهيجة، وهو مادة أكالة لأغلب العناصر والمركبات ما عدا الرصاص والشمع والبوليثيلنين ولتفلون والبلاتين. فلوريد الهيدروجين غير قابل للإشتعال ولكنه يتحلل بالتسخين وينتج أبخرة أكالة سامة.

يؤدى إستنشاق الغاز أو إبتلاعه إلى ظهور أعراض التسمم بالفوزين: فقدان الوزن، التوعك، الأنيميا، نقص في كريات الدم البيضاء (leukopenia) وزوال لون الأسنان. إلى جانب ذلك يتسبب الغاز في وقوع أضرار بالعيون وحروق شديدة بالجلد وأمراض بالجهاز التنفسي، وفى الحالات القصوى يتسبب في الوفاة. ويؤدى إبتلاع الغاز إلى آلام شديدة بسبب تآكل الغشاء المخاطي المبطن للفم والمرئ والمعدة. ويتسبب إستنشاق فلوريد الهيدروجين الجاف (اللامائى:anhydrous) والتعرض له أو لرذاذه أو لأبخرته في تهيج شديد بالجهاز التنفسي قد يؤدى إلى الوفاة، وتهيج شديد بالعيون قد يترتب عليه ضعف في الإبصار، وحروق شديدة بالجلد.

كما يؤدى إستنشاق الأبخرة المركزة إلى تهيج الجهاز التنفسي والسعال والتهاب المنطقة الخلفية للقص (netrosternal burning) ويتسبب التعرض لمحاليل حامض الهيدروفلوريك المركزة أو المخففة أو لأبخرته في حروق شديدة. فيؤدى إبتلاع كمياه كبيرة من الحامض إلى الوفاة الفجائية دون ظهور أعراض مرضية واضحة. بينما يؤدى تكرار إبتلاع كميات ضئيلة من الحامض إلى حالات تصلب عظام شديدة (Osteosclerosis).

إن التعرض لفلوريد الهيدروجين السائل أو لأبخرته يتسبب في جفاف الأنسجة وموتها تماماً مثلما يحدث عند التعرض للأحماض غير العضوية، كما تنفذ محاليله بسرعة من الجلد والأغشية المخاطية المبطنة للفم ومن خلال أنسجة العيون. وهكذا فإن فلوريد الهيدروجين في كافة صوره يتسبب في حالات تسمم حادة ومزمنة مما يضيف إلى خطورته على صحة الإنسان.

أما بالنسبة للمواد المعدنية فإن خصائص فلوريد الهيدروجين الأكالة (corrosive) تؤدى إلى تكون غاز الهيدروجين في الحاويات والمواسير المعدنية مما قد يهدد بنشوب الحرائق لذلك ينبغي إخلاء المناطق المحيطة بالحاويات والمعدات التي تحتوى على فلوريد الهيدروجين من أي مصادر إشتعال.

الدولوميتات (كربونات الكالسيوم والماغنسيوم البلورية)

كربونات الكالسيوم البلورية هي المكون الرئيسي للدولوميتات وتتسبب في تأثيرات متنوعة خاصة على الكلى مثل الإرتفاع الشديد في محتوى البول من الكالسيوم وفى قلوية البول الذي يترتب عليه تكون الحصوات الكلوية. كما تتسبب كربونات الكالسيوم البلورية في حدوث الضم القلوي (metabolic alkalosis) وفقر في فوسفات الدم.

الجرعات الكبيرة من كربونات الكالسيوم تؤدى إلى زيادة الإفرازات المعدية الحمضية لفترة من الزمن فتتغلب على إرتفاع الأس الهيدروجيني (قلوية المعدة).

مركبات السليكون

تتكون مركبات السليكون أثناء عملية إنتاج الأسمدة الفوسفاتية. هناك أدلة كافية تثبت تسبب إستنشاق بلورات السيليكا في حدوث الأمراض السرطانية. وتتوقف قدرة السيليكا على التسبب في السرطان على خصائص السيليكا المستنشقة أو على عوامل خارجية تؤثر في نشاطها الحيوي أو على توزيع تعدد أشكالها البلورية (polymorph). ولا توجد أدلة كافية لإثبات أن

تراب المشطورات الدياتومية غير المتكلسة (uncalcined diatomaceous earth) يتسبب في السرطان (المشطورات الدياتومية هي طحالب مجهريه وحيدة الخلية جدرانها مشبعة بالسيليكا وتتواجد بالتربة). يتسبب إستنشاق بلورات السيليكا في حدوث تليف عقدي ينتشر في الأنسجة المشوية بالرئة وبالجهاز اللمفاوي. ويستمر هذا التليف في الإنتشار والتضخم حتى بعد مرور سنوات من التعرض. وأهم أعراض التسمم السيليكى (silicosis) هي ضيق النفس الناشئ عن عدم قدرة القفص الصدري على الإتساع، وقد يصبحه سعال جاف. ويؤدى تطور هذه الحالة إلى الشعور بالإرهاق الشديد، مع صعوبة في التنفس (dispnea) والإزرقاق (تحول لون البشرة للأزرق نتيجة نقص الأكسجين في الدم oyanosis)، وفقدان الشهية وآلام بالجانب (pleuritic pains) وعدم القدرة على العمل.

تأثير الصرف السائل

تعد الأمونيا والنترات والنتروجين العضوي والمواد الصلبة العالقة هي أهم معايير التلوث في الصرف السائل لصناعة الأسمدة النتروجينية. ويتولد عن صناعة الأسمدة الفوسفاتية صرفاً سائلاً ملوثاً بالفوسفات والفلوريدات والمعادن الثقيلة بالإضافة إلى الحمل العضوي للصرف السائل والمواد الصلبة العالقة. ولا يتواجد غاز الفلورين في حالة حرة إنما يكون متحداً بعناصر أخرى. تتسبب الفلوريدات في تسمم الإنسان والحيوان عند تركيز ١ مجم/ لتر في مياه الشرب، كما تشير بعض البحوث إلى أن الصرف السائل من المصانع الذي يحتوى على تركيزات من الفلوريدات تصل إلى ١٠ مجم/لتر يتسبب في أضرار بالغة بالمحاصيل. ومن جهة أخرى تسبب الفلوريدات أضراراً للعظام بسبب ميل أيوناتها للتفاعل مع الكالسيوم.

وتحفز المواد العضوية الموجودة بالصرف السائل نمو الطحالب والبكتريا في المسطحات المائية المستقبلة مما يؤدى إلى زيادة إستهلاك الأكسجين الذائب في المياه. كما يتضمن الصرف السائل معادن ثقيلة ومواد خطرة أخرى.

تتوقف تأثيرات الصرف السائل البيئية على نوعية المسطحات المائية المستقبلة. وتؤثر الملوثات الصناعية في الصرف السائل على الحياة المائية وعلى النباتات والمزروعات، فتتسبب الزيوت والشحوم والملوثات العضوية في زيادة الطلب على الأكسجين الحيوي والأكسجين الكيميائي.

تأثير المخلفات الصلبة والخطرة

يعتبر الجبس الفسفوري (phosphogypsum) من أهم المخلفات الصلبة الناتجة عن صناعة حامض الفوسفوريك في مصانع الأسمدة، إذ يحتوى على آثار للعديد من الشوائب المعدنية

الموجودة في صخور الفوسفات. ويعتبر الجبس الفسفوري من المخلفات الخطرة بسبب ما يحتويه من عناصر مثل الراديوم والنيكل والكادميوم والرصاص والألومونيوم والفلوريد وحامض الفوسفوريك. والكادميوم معدن ثقيل يتراكم من أجهزة الكائنات الحية ويصبح ساماً عند حدود معينة. وتحتوى صخور الفوسفات على كميات متباينة من الكادميوم تتراوح بين صفر و٣٠٠ مجم/ كجم من خامس أكسيد الفسفور (P_2O_5). ويحتاج تخزين الجبس الفسفوري إلى مساحات كبيرة، وينبغي معالجة مياه الصرف الناتجة عن مناطق التخزين وتنبعث الفلوريدات والجسيمات إلى الهواء في المناطق المحيطة بالمخازن. وتؤدى تسربات والجبس الفسفوري إلى تلوث المياه السطحية والمياه الجوفية.

ينبغي إستبدال المحفزات المستخدمة في عمليات الإصلاح البخاري (steam reforming) كل بضعة سنوات وفقاً لظروف التشغيل ونوع وفترة صلاحية المادة المحفزة المستخدمة. والمحفزات مواد خطرة ولا ينبغي التخلص منها إلا في المدافن الآمنة المخصصة لذلك. ويفضل قبل ذلك محاولة إعادة تنشيط المحفزات المستهلكة لإعادة إستخدامها.

رابعآ: الحلول المقترحة للتغلب علي مشاكل التسميد الكيماوي

إجـــراءات حمايـــة التربـــة الزراعيـــة مـــن التلـــوث والتـــدهور(Soil Environmental Management)

أهتمت وزارة الزراعة بمختلف هيئاتها بتطبيق التكنولوجيا الحديثة في مجال البحث والإنتاج الزراعي لإحداث طفرة في الإنتاج الزراعي لتحقيق الإكتفاء الذاتي ومحاولة التصدير كمواصفات يقبلها السوق العالمي خالية من الكيماويات مما يجعلها آمنة على صحة الفرد وتحد من مشكلة تلوث البيئة ومن أهم هذه الإجراءات:

١- تحسين التربة الزراعية

- جهاز تحسين الأراضي. . مهمته تنفيذ خطة لتحسين التربة المصرية بإستخدام كافة أنواع المحسنات والمخصبات مثل الأسمدة العضوية والجبس والكبريت الزراعي والتسوية بالليزر.
- جهاز حماية الأراضي الزراعية. . مهمته حماية الأراضي الزراعية من التعديات والتجريف والتبوير.

- وحدات ذات طابع خاص في جميع المجالات الزراعية . . منتشرة بجميع المحافظات بهدف دراسة المشاكل على الطبيعة وتقديم الحلول والتوصيات والإرشادات للمزارعين من أفراد وهيئات ومؤسسات بهدف تحسين الإنتاجية المحصولية وترسيخ نظم وتقنيات الزراعة النظيفة.

٢- تحسين الصرف الزراعي

- تحسين شبكة المصارف العامة في الدلتا والوادي لقد بلغت أطوال المصارف المكشوفة ١٨٢٦٠ كم (١٩٩٣) تخدمها حوالي ١٤٥ محطة رفع تخدم زمام قدره ٦.٨٦٤.٤٥٠ مليون فدان.

- الهيئة العامة لمشروعات الصرف المغطى أنشئت بهدف تخفيض مستوى الماء الأرضي وتوفير ميزان مائي هوائي بالتربة ومن ثم تحسين كفاءة الصرف الحقلي وزيادة الإنتاجية المحصولية.

٣- ترسيخ تقنيات وآليات الزراعة النظيفة

أولا: الإتجاهات الحديثة في مجال المكافحة المتكاملة للآفات الزراعية

قامت وزارة الزراعة بتنفيذ برنامج المكافحة المتكاملة وذلك للإقلال من إستخدام المبيدات الكيماوية منذ عام ١٩٩٥ وذلك بإتباع بعض الوسائل والعمليات المناسبة بهدف المحافظة على أعداد هذه الآفات عند مستويات دون الضرر الإقتصادي لها بهدف الحد من إستخدام المبيدات الكيماوية في مقاومة الآفات الزراعية ومن هذه الوسائل والعمليات:-

(أ) العمليات الزراعية

١- التبكير في الزراعة

أدت الزراعة المبكرة إلى الحصول على بادرات للقطن قوية تتحمل الإصابة بالآفات مثل الدودة القارضة والحفار والتربس والمن والعنكبوت الأحمر وكذلك حماية النباتات من الإصابة بديدان اللوز أخر الموسم مما يؤدى إلى المحافظة على اللوز المتكون والذي يمثل ٦٠% من المحصول الرئيسي وبالتالي إنخفضت كمية المبيدات المستخدمة في مكافحة الآفات مثل ديدان اللوز.

٢- العــزيق

أدت عمليات العزيق المتقن والمتطور إلى التخلص من كثير من الحشائش الضارة والتي تعتبر العائل الأساسي للآفات خصوصاً آفات البادرات مثل الدودة القارضة والتربس والمن والعنكبوت الأحمر كما أدى ذلك إلى تعريض عذارى دودة ورقة القطن والدودة القارضة لأشعة الشمس والأعداء الحيوية من الطيور النافعة للقضاء عليها.

٣- دفن الأحطاب

أدى التخلص من اللوز العالق بالأحطاب عن طريق دفنها في باطن التربة قبل أول فبراير من كل عام إلى القضاء على اليرقات الساكنة نتيجة إصابة اللوز الأخضر في الموسم السابق والتي تعتبر أهم مصدر إصابة اللوز الأخضر في الموسم التالي بالجيل الأول لهذه الآفة.

٤- إزالة الحشائش المعمرة

إزالة الحشائش على جسور الترع والمصارف والطرق العامة والمنتشرة حول الزراعات قلل من الإصابة بكثير من الآفات الضارة خصوصاً المن والتربس والذبابة البيضاء والعنكبوت الأحمر.

(ب) إستخدام الفرمونات

يستخدم حاليًا نوعان من أنواع الفرمونات: -

١- فرمونات الأنابيب والرش "فرمون التشويش"

تعتمد فكرته على تخليق رائحة إناث الفراشات صناعياً ورشها على النباتات أو ربطها على سيقانها في صورة أنابيب أو حلقات في المساحات الكبيرة، حيث يؤدى ذلك إلى تشتيت وبعثرة الذكور وعدم التقائها بالإناث وبالتالي تقل فرصة التزاوج ووضع بيض غير مخصب لا يفقس يرقات مما يؤدى إلى تقليل الإصابة كما هو متبع حالياً بالنسبة لمكافحة ديدان اللوز فى محصول القطن.

٢- فرمون الكبسولات "الجاذبات الجنسية"

وتعتمد فكرته على تخليق رائحة إناث الفراشات صناعياً ووضعها في كبسولات داخل مصائد خاصة (مائية / ورقية) لاصطياد ذكور الفراشات فتقل فرص التزاوج بينها أيضاً مما يؤدى إلى وضع بيض غير مخصب لا يفقس يرقات كما هو متبع حالياً بالنسبة لمكافحة دودة ورق القطن وديدان اللوز القرنفلية والشوكية والأمريكية.

وهناك طريقتين لإستخدام الجاذبات الجنسية إما للجذب الجنسى أو لإعاقة التزاوج حيث أن:

- بالنسبة للجذب تستخدم كمصايد وكبسولات متخصصة للآفات حيث توضع هذه المادة في كبسولات مختلفة الشكل توضع في مصائد خاصة لإصطياد الذكور من الطبيعة داخل الحقول وبالتالي تقل فرص التزاوج وتنخفض نسبة الإصابة.

- بالنسبة لإعاقة التزاوج أو التشويش حيث تستخدم الجاذبات الجنسية (الفرمونات) رشاً أو توضع في أنابيب خاصة تثبت على سيقان النباتات لعمل تشويش أي لبعثرة الذكور وعدم التقائها بالإناث لفترة طويلة وهذا يؤدى إلى قلة فرص التزاوج ويفضل إستخدام هذه الطريقة في التجمعات الكبيرة لتحقيق أعلى كفاءة للفرمونات وأن يتقارب مواعيد الزراعة لكل تجميعة بقدر الإمكان.

ومن فوائد طريقة الفرمونات فى المكافحة المتكاملة:-

١- دراسة تحديد مواعيد ظهور الآفة وكثافة أعدادها وتذبذبها خلال الموسم.

٢- جمع أكبر عدد من ذكور الآفة لخفض فرص التزاوج وبالتالي الإصابة.

٣- التنبؤ المبكر بحجم الإصابة بالمحصول والحد من تعداد الآفات.

٤- عدم تلوث البيئة وإعتدال التوازن الطبيعي بين الآفة وأعدائها الحيوية والمحافظة على الحشرات الملقحة ونحل العسل.

(ج) إستخدام المكافحة الحيوية (البيولوجية) في القضاء على الآفات الزراعية

١- البكتيريا الممرضة

أستخدمت البكتريا الممرضة لمقاومة الآفات حيث تظهر البكتريا تحت الميكروسكوب على شكل ماسات بلورية تكمن بداخلها المادة الفعالة وبمجرد أن تأكل الحشرة هذه البلورات يذوب الجدار الماسي للبكتريا وتنطلق المادة الفعالة حيث تسبب موت الحشرات (وبخاصة حرشفية الأجنحة) نتيجة الأثر السام لهذه البكتريا على الحشرة فقط وتتم قتل الحشرة بعد ٤ - ٥ أيام من تناولها لهذه البكتريا علماً بأن هذه الحشرة خلال هذه المدة تظل ساكنة وينعدم أثرها نهائياً على النبات. وإستخدام هذه البكتريا يتميز بأنه أكثر أمناً للإنسان والحيوان والنبات وليست لها آثار متبقية على النباتات ولا تضر الإنسان ولا تسبب التلوث للبيئة وتستخدم هذه البكتريا في مقاومة آفات

المحاصيل حرشفية الأجنحة ومنها الدودة القارضة(بعمل طعم سام منها) ودودة ورق القطن وغيرها عن طريق الرش.

٢- النيماتودا الممرضة

تستطيع أن تصل إلى الآفة (شكل حشرة جعل الورد الزغبى وغيرها) تحت الأرض أو داخل الجزء المحمى من النبات وتقتل الحشرة خلال ٤٨ ساعة حيث تتوالد النيماتودا على الآفة ثم تبحث عن آفات أخرى وهكذا يتم القضاء على تلك الآفات. وهناك أنواع أخرى من البكتريا والفطريات والفيروس يمكنها القضاء على تلك الآفات التي تصيب المحاصيل المختلفة. وهذه الطرق تساعد على حماية البيئة من التلوث وتنشيط الأعداء الحيوية للآفات مثل أبو قردان وتحقيق التوازن الطبيعي بين الكائنات الحية.

٣- منظمات النمو وهرمونات الإنسلاخ

وهى المواد التي تنظم نمو الحشرة وتعيق إستمرار نموها وكذلك إستخدام هرمونات الإنسلاخ للحشرات في القضاء عليها.

٤- تعقيم ذكور الحشرات

وذلك لمقاومة حشرة ذبابة الفاكهة بتعقيمها وإطلاقها فى الجو مما يؤدى إلى وضع بيض غير مخصب ويتم القضاء على تلك الآفة.

٥- إستخدام بدائل المبيدات

تعتبر بدائل المبيدات الآمنة من المتغيرات اللافتة للنظر في مجال وقاية النبات من الآفات ووقاية الإنسان من أضرار متبقيات المبيدات الكيماوية والحفاظ على البيئة المصرية من الملوثات الكيماوية بالإضافة إلى خفض تكاليف المكافحة لتعظيم الإنتاج للمحاصيل.

<u>ومميزات بدائل المبيدات الآمنة للآفات الحشرية عديدة منها:</u>

١. عبارة عن مركبات حيوية ومواد طبيعية غير ضارة للإنسان أو النبات أو البيئة.

٢. مواد أقل سمية للآفات عن المبيدات الكيماوية.

٣. رخيصة الثمن عن المبيدات الكيماوية.

٤. يبدأ إستعمالها عند مستويات إصابة أقل من المبيدات الكيماوية والإكتشاف المبكر للإصابة لذا يمكن تكرار الرش للحصول على أفضل النتائج.

٥. عند إستعمال المركبات الحيوية يجب أن يثق المزارع أن الآفة لن تموت فوراً بل تحتاج لفترة حضانة داخلها.

٦. فترة السماح بعد الرش وعند القطف تكاد تكون معدومة في حالة إستخدام بدائل المبيدات الآمنة.

٧. هي الوسيلة الآمنة وتصلح للمستوى الثقافي المتفاوت في مجال مكافحة الآفات.

٨. إستخدام بدائل المبيدات لا تسبب ضرراً للمزارع أو حيواناته أو بيئته.

٩. التصدير من المهام الأساسية عند تطبيق بدائل المبيدات.

١٠. تكرار إستعمالها يؤدى إلى زيادة الأعداء الطبيعية مما يقلل من إستخدام المبيدات الكيماوية.

١١. بدائل المبيدات الآمنة أمان للمنتج وضمان للمصدر حيث غذاء خالي من الكيماويات وحفظ للبيئة من التلوث.

١٢. زيادة الناتج القومي والفردي نتيجة نجاح المكافحة وتمتع الإنسان بالصحة والعافية.

ومن أمثلة بدائل المبيدات

١- إستخدام كبريتات الألومونيوم (الشبة الزفرة).

وقد أستخدمت في مقاومة الحفار والدودة القارضة عن طريق عمل الطعوم وخلطها بنصف جرعة المبيد الموصى بها في عملية المكافحة كمادة قابضة للفكوك والأمعاء لمنع التغذية والقضاء على هاتين الآفتين.

٢- إستخدام الكبريت الزراعي

وقد تم إستخدامه للحد من الإصابة بالحشرات الماصة مثل المن والذبابة البيضاء والعنكبوت الأحمر ودودة ورق القطن وديدان اللوز القرنفلية والشوكية والأمريكية كمادة طاردة لإناث الفراشات ومهلكة للفقس الحديث لليرقات.

٣- إستخدام السولار

وقد تم إستخدامه في مقاومة دودة القطن والدودة القارضة لقتل اليرقات والعذارى الموجودة في التربة عن طريق إضافته لمياه الري مما يؤدى إلى منع أكسچين الهواء عنها فيسبب موتها والقضاء عليها.

٤- إستخدام الخميرة البيرة والعسل الأسود

وقد تم إستخدامها في مقاومة المن والذبابة البيضاء والحشرات القشرية والبق الدقيقى كمادة مطهرة تتنافس وتقضى على الفطريات التي تنمو على الإفرازات العسلية وتمنع ظهور الإصابة بفطر العفن الأسود.

٥- إستخدام منقوع سماد السوبر فوسفات وسلفات البوتاسيوم

تم إستخدامه في تقليل الإصابة بالحشرات الثاقبة الماصة مثل المن والذبابة البيضاء عن طريق تغيير درجة حموضة العصير الخلوي للأوراق وكذلك تغيير ملمس الأوراق إلى الملمس الخشن بما لا يتناسب مع نمو وتطور المن والذبابة البيضاء.

٦- إستخدام زيت الرجوع (العادم)

وقد تم إستخدامه في عمل المصائد الشحمية لإصطياد الحشرات الطائرة من المن والذبابة البيضاء وكذلك في مقاومة حفارات أشجار الفاكهة.

٧- إستخدام الصابون المتعادل

وقد تم إستخدامه في الرش ضد المن والذبابة البيضاء والجاسيد على أن يعقبه التعفير بالكبريت بمعدل ٥ كجم/ للفدان.

مما تقدم يلاحظ أن الهدف الرئيسي من عملية إستخدام بدائل المبيدات هو عدم التدخل بإستخدام المبيدات الكيماوية إلا في حالة الضرورة القصوى وعند الوصول إلى الحد الحرج للإصابة والذي يحدث عنده الضرر وذلك بهدف:-

١- تقليل التكاليف الكلية المستخدمة في عملية المكافحة.

٢- تقليل التلوث البيئي بالنسبة للإنسان والحيوان والنبات.

(د) زراعة أصناف نباتية مقاومة

يجب زراعة الأصناف النباتية المقاومة للآفات (أمراض - حشرات) حيث يعتبر ذلك الأسلوب الفعال في المكافحة المتكاملة وعلى سبيل المثال فإن هناك ما يقرب من ١٥٠ صنفاً مقاوماً لآفات النيماتودا تضم ٢٥ محصولاً وتأتى هذه الأصناف النباتية المقاومة من برامج التربية التي يركز فيها الباحثون على انتخاب العوامل الوراثية المقاومة للمسببات المرضية والحشرية وبذلك يمكن الحصول على إنتاجية عالية كماً ونوعاً.

(هـ) إستخدام نظام التنبؤ والإنذار المبكر

وذلك للتعرف على الأمراض النباتية خاصة الوبائية مثل الندوة المتأخرة على البطاطس والطماطم والصدأ في القمح واللفحة النارية بالكمثرى وبذلك ينقلنا من المتابعة المستمرة لمستويات الإصابة بالآفات وتحديد الوقت المناسب للتدخل بالمكافحة ويجب معرفة حركة المسببات المرضية والحشرية وحالة النباتات الصحية وإذا لم يتم ذلك فإنه قد يحدث مضاعفة لأعداد الآفات المرضية والحشرية وقد يحدث الضرر خلال أيام قليلة وبذلك يصبح التدخل بالمكافحة عديمة الجدوى.

ثانياً : التسميد الأخضر

يقصد بالتسميد الأخضر زراعة أي محصول بغرض حرثه بالأرض عند بلوغه طور معين من أطوار نموه. وينصح بإتباعه لعدة سنوات لإمكان إحداث زيادة في المادة العضوية بالأرض والمحاصيل المستخدمة غالباً هي البقوليات وأهمها الترمس و البرسيم وهو الشائع في مصر.

أهمية التسميد الأخضر

١- زيادة المادة العضوية في التربة

حيث يستخدم هذا النوع من التسميد في الأراضي الرملية أو الأراضي الخفيفة. وتختلف المادة العضوية الناتجة من المحاصيل المستعملة حسب نوع النبات المستخدم وحسب الظروف المحيطة به وتتحلل المادة العضوية بعد حرثها في الأرض بسرعة ويختلف ذلك حسب نوع النبات وعمره ومدى توفر العناصر الغذائية المعدنية في الأرض وطبيعة الكائنات الدقيقة في الأرض ودرجة تهوية الأرض وحرارتها ونسبة الرطوبة.

٢- زيادة الأزوت في التربة

غالباً ما تستعمل المحاصيل البقولية في التسميد الأخضر ومعروف عنها أنها تستفيد من أزوت الهواء الجوى بواسطة البكتيريا العقدية وتختلف كمية الأزوت المتحصل عليها على نوع المحصول البقولي ومدى التسميد بالأزوت أو الفسفور.

٣- المحافظة على العناصر الغذائية في التربة

في حالة وجود محصول يغطى الأرض فإنه يمتص العناصر الغذائية النباتية وبذلك تكون أقل عرضة للفقد مثل النترات نظراً لسرعة ذوبانها ولأنها لا تمتص على غرويات الأرض وكلما

كان المجموع الجذري للنبات كبير كان أكثر كفاءة في تجميع العناصر الغذائية وحفظها من الفقد.

٤- تركيز العناصر الغذائية في الطبقة السطحية من التربة

تقوم محاصيل التسميد الأخضر وخاصة إذا كانت ذات مجموع جذري عميق بتجميع كميات كبيرة من عناصر الغذاء النباتي من طبقة تحت التربة وعندما يتم قلب المحصول في الأرض ويتحلل في الطبقة السطحية تنطلق تلك العناصر وتتركز في مساحة محدودة وهذا يسمح للمحاصيل التالية للاستفادة من هذه العناصر.

٥- زيادة صلاحية بعض العناصر الغذائية

تزداد صلاحية العناصر الغذائية للتسميد الأخضر وذلك نتيجة لأثر الأحماض العضوية الناتجة من تحلل المادة العضوية المضافة والتي تؤدى إلى ذوبان مركبات تلك العناصر العسرة الذوبان وتحويلها إلى صورة صالحة لإمتصاص النبات.

٦- تحسين طبقة تحت سطح التربة

يمكن للنباتات التي تتميز جذورها بطول القمة النامية أن تتعمق في طبقة تحت التربة كلما كان ذلك ممكناً تموت هذه الجذور تتحلل وتتكون العديد من القنوات والأنفاق وهذه تسهل تخلل الهواء ومرور الماء في التربة.

٧- زيادة نشاط الأحياء الدقيقة

تستخدم المادة العضوية المضافة عن طريق التسميد الأخضر كغذاء للأحياء الدقيقة بالأرض كما أنها تؤدى إلى تنشيط بعض التفاعلات البيولوجية بدرجة كبيرة ويتوقف أثر الأسمدة الخضراء علي زيادة الكائنات الحية الدقيقة على نوع المحصول وعمره وخواص الأرض ودرجة تهويتها وإحتوائها على العناصر الغذائية المعدنية.

٨- إبادة الحشائش

عملية حرث النباتات في الأرض تقضى على الحشائش لأنها تحرث قبل أن تكون الثمار والبذور.

الشروط الواجب مراعاتها عند التسميد الأخضر

١- يجب ألا تترك هذه المحاصيل حتى تكون البذور بل يكفى نموها حتى طور الإزهار حيث تكون قد جمعت أكبر قدر من الأسمدة النتروجينية.

٢- لا بد أن تمر فترة مناسبة بعد حرث السماد الأخضر وزراعة المحصول التالي حتى تتحلل المواد العضوية للسماد الأخضر بتوفر التهوية الجيدة والرطوبة المناسبة فقد يضار المحصول التالي إذا زرع مباشرة بعد حرث السماد الأخضر.

العوامل التى تحد من إستعمال التسميد الأخضر

١- أن محاصيل التسميد الأخضر تشغل الأرض على حساب المحاصيل الأخرى.

٢- لا يتخلف عن التسميد الأخضر في التربة كمية من الدبال وذلك نظراً لإحتواء النباتات المستخدمة على نسبة قليلة من السليلوز واللجنين.

٣- يعمل التسميد الأخضر على هدم الدبال الأصلي للتربة وذلك نظراً لسرعة تحلل النباتات المستخدمة وما يتبع ذلك من زيادة عدد ميكروبات التربة إلى الحد الأقصى ومهاجمة هذه الميكروبات للدبال من أجل الحصول على بعض ما يلزمها من طاقة وغذاء.

ثالثاً: السماد العضوى الصناعى من المخلفات الزراعية

يؤدى غياب التسميد العضوي إلى الإسراف في إستخدام الأسمدة المعدنية تحت نظام الزراعة الكثيفة والتي تلوث التربة والمياه وبالتالي النبات - الأمر الذي جعل مستوى المادة العضوية بالتربة من العوامل المحددة للإنتاج. من هذا المنطلق فإن التوسع في برامج الزراعة العضوية يتحقق بالإستخدام المنظم للأسمدة العضوية مما يؤدى إلى الحفاظ على خصوبة التربة وتحسين خواصها وإنتاج غذاء آمناً صحياً.

ويقصد بالزراعة العضوية . . . هو التسميد بالأسمدة العضوية المصنعة من المخلفات الزراعية لإسترجاع العناصر السمادية التي أخذت من التربة خلال نمو النباتات. حيث عندما تضاف الأسمدة العضوية للتربة الزراعية تتناولها الكائنات الحية الدقيقة بالتربة بالهدم والتحليل منتجة المركبات العضوية البسيطة والعناصر السمادية المغذية الميسرة للنباتات والتي تمكث بالتربة فترة طويلة وبصفة مستمرة وتعطى لها خصوبتها الأمر الذي يتحقق منه:-

١- حماية البيئة من التلوث نتيجة ترشيد إستهلاك الأسمدة المعدنية.

٢- إنتاج غذاء نظيف آمن صحياً للإنسان والحيوان خالي من الكيماويات.

ومميزات الأسمدة العضوية المصنعة:

١. جودة التحلل وإنعدام الرائحة.

٢. إرتفاع محتواه من العناصر السمادية والمادة العضوية.

٣. خلوه من بذور الحشائش والنيماتودا ومسببات الأمراض للنبات.

ويختلف نوع السماد العضوي بإختلاف مصادره كما يلي:-

١. السماد البلدي . . ناتج التخمير الهوائي لروث الماشية والمخلفات الحيوانية الأخرى.

٢. السماد العضوي الصناعي . . ناتج التخمير الهوائي لمخلفات المحاصيل والبقايا الحيوانية.

٣. سماد الدواجن . . ناتج التخمير الهوائي لزرق الدواجن.

٤. سماد البودريت . . ناتج عن التجفيف الهوائي للحمأه المعالجة.

٥. سماد القمامة . . ناتج من التخمير الهوائي لقمامة الشوارع في المدن والقرى.

٦. سماد البيوجاز . . ناتج عن التخمير اللاهوائى للمخلفات النباتية والحيوانية والآدمية بعد إنتاج غاز الميثان كمصدر دائم ومتجدد للطاقة.

كيفية إعداد السماد العضوي:-

لمخلفات الحقل غير ذات القيمة الإقتصادية أهميتها في تصنيع أسمدة عضوية جيدة وتضم هذه المخلفات ورق الأشجار والخضروات ومصاص القصب وأنواع التبن المختلفة وبقايا تقليم الأشجار ولتحويل هذه المخلفات إلى سماد عضوي صناعي جيد لابد من توافر عدة شروط من أهمها:

- أن تكون المادة مجزأة بحيث لا يزيد طولها عن ١٠ - ١٥ سم.
- إضافة كمية كافية من النيتروجين لتضييق قيمة الـ C/N ratio.
- كبس الكومة جيداً مع توفير رطوبة مناسبة.
- يكون الوسط ملائم لنشاط الميكروبات المحللة للمخلفات.
- تكون درجة حرارة الكومة في الحدود المناسبة (٣٠ - ٣٥°م).

العوامل التي تؤثر على درجة ومعدل تحلل بقايا المحاصيل والمخلفات العضوية في التربة:-

١. التركيب الكيماوي للمخلفات.

٢. درجة التهوية بالتربة.

٣. طبيعة الميكروبات السائدة.

٤. درجة الرطوبة.

٥. محتواها من اللجنين.

٦. رقم pH.

٧. درجة تجزئة المادة العضوية.

٨. نسبة الـ C/N ratio.

٩. محتوى الأرض من العناصر الصالحة.

١٠.قوام الأرض.

أسباب تحويل المخلفات النباتية إلى أسمدة عضوية خارج التربة:

أولا... نظراً لإتساع النسبة بين الكربون والنيتروجين في المخلفات النباتية والتي تصل في متوسطها إلى (١:٩٠) لذلك نجد أنه عند إضافة هذه المخلفات في التربة وحرثها لتحويلها إلى سماد عضوي فإنه يؤثر على المحتوى النيتروجينى بالتربة حيث يحدث تناقص تدريجي وبصفة مؤقتة في مستوى النيتروجين الذائب سواء نشادري أو نتراتى وذلك لإحتياج ميكروبات التربة لبناء أجسامها حيث لا يتوافر أمامها سوى ما تحتويه التربة من نيتروجين ذائب فتحصل عليه على حساب المحصول المنزرع وبالتالي تظهر على المحصول أعراض نقص النيتروجين.

لذلك المخلفات العضوية المضافة للتربة كمخصب عضوي يجب أن تكون نسبة الكربون إلى النيتروجين قريبة من (١:١٠) حتى تكون هذه المخلفات أسرع إنحلالاً بالتربة. وتشير الدراسات إلى أنه من الأجدى أن تكون المخلفات النباتية المضافة محتوية على نسب تتراوح بين (١:١٨ – ١:٢٠) حتى تكون هناك فرصة لتحللها والوصول لحالة الإتزان(١:١٠) مما يزيد من فاعليتها ونفعها في التربة.

ثانيا... من الأسباب الهامة التي تستوجب تحويل المخلفات خارج التربة هو ما يفقد من النيتروجين خاصة في الصورة النشادرية بالتطاير أو كنيتروجين منفرد أو أكاسيد نيتروجينية وذلك كنواتج لعملية عكس التأزت التي تحدث بالتربة إذا ما أختلت النسبة بين الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بالهواء الأرضي وكذلك تأثر البادرات بالحرارة المنبعثة من مهاجمة الميكروبات للمخلفات المضافة.

ثالثاً...تفرض الأساليب المتبعة حاليا بالزراعة المصرية من تكثيف زراعي وإستغلال جائر للموارد والتي تسببه الزيادة الكبيرة في عدد السكان مع ضيق المساحة المنزرعة إلى ضرورة التسميد العضوي المصنع خارج التربة نظراً لعدم خلو الأرض من المحاصيل والتي تتطلبها عمليات تحلل المخلفات المضافة حتى يمكن تفادى الآثار الناتجة من إستخدام مخلفات تتسع بها نسبة الكربون إلى النيتروجين.

وللأسباب السابقة توصل المهتمون بالسماد العضوي في مصر إلى طريقة لتخمير المخلفات النباتية الزراعية أي تحويلها إلى Compost ويتم عن طريق تقطيع المخلفات النباتية وتكسيرها بواسطة آلات الدراس لزيادة السطح النوعي المعرض للتحلل علاوة على المساعدة في ضغط الكومات، وتنحصر أسس التخمر الهوائي في رفع نسبة رطوبة هذه المخلفات أغلب الوقت مع توفر عنصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم الضرورية لتنشيط الكائنات الحية الدقيقة القائمة بعملية التحلل.

<u>خطوات تصنيع الكمبوست:</u>

١. إختيار مكان مستوى قريب من مصدر مياه وغير مواجهة لإتجاه الرياح.

٢. يحتاج تصنيع طن مخلفات إلى ٦ متر مكعب بحيث يكون عرض المكمورة لا يزيد عن ٣ متر وإرتفاعها من ١.٥ – ٢ متر وبالطول المطلوب حسب كمية المصادر العضوية المتاحة.

٣. تحفر حول الكومة قناة لتجميع الراشح من الكومة والذي من الممكن إعادة إستخدامه في ترطيب الكومة.

٤. يحضر المخلوط المنشط تبعا للمخلفات النباتية المستخدمة فمثلا في حالة المخلفات النباتية (قش الأرز– ورق الأشجار – الخضراوات) يتكون الخليط المنشط من١٥ كجم سلفات نشادر + ٣ كجم سوبر فوسفات + ١٠٠ كجم سماد بلدي ناضج ويفرش عُشر المخلفات النباتية بعد تقطيعها إلى أطوال مناسبة وترطب بالماء وتضغط لتقليل حجمها.

٥. توضع طبقات بالتبادل من المخلفات النباتية المطحونة بسمك ٥٠ – ٦٠ سم مع المخلوط المنشط مع رش الماء لترطيب المخلفات ويتم الرش في صورة رزاز بإستخدام رشاشة.

٦. يتم ترطيب الكومة مرة أسبوعيا شتاءً ومرتين إلى ثلاث مرات أسبوعياً صيفاً حسب حرارة الجو.

٧. يراعى تقليب الكومة كل أسبوعين أو ثلاثة أسابيع مع ضبط الرطوبة وإعادة بناء المكمورة وذلك لضمان خلط المكونات وزيادة التحلل.

٨. يمكن إضافة مواد صلبة أو سائلة غنية بسلالات من الكائنات الحية الدقيقة ترش أثناء عمل الكومة على المخلفات لتبدأ عملية التخمر والتحلل.

٩. تستمر عملية الكمر لمدة ١.٥ – ٦ أشهر حسب طبيعة المخلفات ونشاط الميكروبات ومدى توفر الظروف الملائمة لسرعة التحلل ويعطى الطن الواحد نحو ٣.٥ م^{٣} سماد مكمورة.

ولتحسين ظروف التهوية والحد من عملية التقليب يمكن وضع مواسير من البلاستيك المثقب بقطر ٤ – ٦ سم في وضع أفقي وأخر عمودي كما قد تستعمل سيقان غاب البامبو المثقبة لتحقيق نفس الغرض.

الإحتياطات التي تراعى قبل بناء الكومة:

يلزم بناء الكومة في مكان يسهل نقل المخلفات إليه وكذلك تكون قريبة من الحقل أو الحديقة كذلك فى منطقة ظليلة (تحت الأشجار) كذلك يكون المكان قريب من مصدر للمياه أو وضع براميل مملوءة بالمياه قريبا من مكان الكومة وكذلك تكون الكومة بعيدة لحد ما عن المنزل.

العوامل المؤثرة على عملية كمر الكمبوست:

تعتمد عملية الكمر على نشاط التمثيل الغذائي لعديد من الكائنات الحية الدقيقة، حيث تعتمد تلك الكائنات في تغذيتها على ما تحتويه المخلفات من مواد كربوهيدراتية وبروتينية ومعادن.

وأهم العوامل المؤثرة على عملية الكمر:

١. **تقطيع المخلفات.....** حيث يؤدى تقطيع وتكسير وطحن المخلفات إلى زيادة معدل التحلل والتخمر حيث يعمل ذلك على زيادة السطح المعرض وزيادة التهوية وحفظ الرطوبة علاوة على سهولة نقل وتقليب الكومة.

٢. **نسبة الكربون إلى النيتروجين .....** وهى من أهم العوامل التي تحدد نجاح عملية الكمر، فإن وجود مخلفات نباتية ترتفع بها النسبة عن ١:٣٠ تستدعى خلطها مع أسمدة نيتروجينية أو إضافة مخلفات الحيوانات والدواجن أو حمأة المجارى وذلك لإحداث الإتزان المطلوب الذي يساعد على سرعة التحلل والحصول على منتج جيد.

٣. **الحرارة والرطوبة.....** حيث يجب المحافظة على رطوبة المكمورة في المدى ما بين ٥٠ - ٦٠% خلال فترة التخمر ويمكن التعرف عليها بأخذ عينات من داخل الكومة وضغطها في راحة اليد حيث تكون منداة مثل العرق عند وجود الرطوبة المناسبة وذلك مع ضرورة إجراء عملية التقليب بصفة دورية مع عدم ضغط المكمورة بشدة. وفى هذه الظروف ترتفع درجة حرارة المكمورة إلى

٥٥ – ٧٥ درجة مئوية وهى درجة حرارة كافية لتعقيم المكمورة ويجب المحافظة على الحرارة المنطلقة وذلك بتقليل السطح المعرض من الكومة للهواء الخارجي بحيث يكون عرضها في حدود ٣ م وإرتفاع لا يزيد عن ٢ م وبالطول المناسب لحجم المخلفات.

٤. **التهوية والغازات الناتجة.....** يعتبر الأكسجين من أهم العوامل المحددة لنجاح عملية التخمر الهوائي ومدى نجاح عملية الكمر ولذا يجب أن تكون الرطوبة في حدود ٥٠ – ٦٠ % فقط مع عدم الضغط الشديد المخلفات مما يساعد على سريان الهواء داخل كومة السماد مع ضرورة تقليب الكومة بإنتظام وبصفة دورية للتهوية. ونجد أنه عند زيادة الرطوبة عن ٦٠ % أو ضغط الكومة بشدة يحدث إنخفاض فى درجة الحرارة وتصاعد الروائح الكريهة وظهور اللونين الأزرق والأسود داخل الكومة وذلك لسيادة الظروف اللاهوائية لذلك يجرى تقليب الكومة يوميا.

مظاهر نضج المكمورة:

١. في حالة توفر الرطوبة المناسبة تنخفض درجة حرارة المكمورة إلى ٣٥ – ٤٠ درجة مئوية.

٢. يتحول لون المخلفات إلى اللون البني الداكن وتفقد المخلفات شكلها المميز وتتحول إلى مكون ناعم.

٣. تختفي الرائحة الكريهة وتتحول إلى رائحة مقبولة.

٤. إختفاء رائحة الأمونيا (النشادر) لتحولها بواسطة الميكروبات إلى نترات.

٥. تتشكل المخلفات في اليد مثل الإسفنج عند الضغط عليها.

تخزين السماد العضوي الصناعى:

يخزن السماد الناضج لحين إستخدامه بكبسه جيدا وتقليل حجمه مع حمايته من حرارة الشمس والرياح وتغطيته بالقش أو قطع من الخيش أو البلاستيك. مع مداومة ترطيب الكومة من الخارج.

والجدول التالي يوضح البقايا النباتية المختلفة وما تحتاجه من مخلوط الأسمدة الكيماوية المنشط لكل طن سماد عضوي صناعي:-

نوع البقايا النباتية	مخلوط الأسمدة الكيماوية المنشطة
قش الأرز – الحشائش الخضراء – ورق	١٥ كجم سلفات نشادر – ٣ كجم سوبر

الشجر – أوراق الخضروات – البصل التالف.	فوسفات – ١٥ كجم كربونات كالسيوم – ١٠٠ كجم تراب.
تبن البرسيم والحلبة.	٢٠ كجم سلفات نشادر + ٤ كجم سوبر فوسفات + ٤١ كجم كربونات كالسيوم – ٧٠ – ١٠٠ كجم تراب.
تبن الفول واللوبيا وعروش الطماطم وقش القصب وعروش الفول السوداني أو البطاطا أو البطاطس أو القلقاس.	٢٥ كجم سلفات نشادر + ٥كجم سوبر فوسفات + ٢٥ كجم كربونات كالسيوم + ٧٠ – ١٠٠ كجم تراب.
حطب الذرة – سوق الموز – حطب الترمس – حطب الخروع.	٣٥ كجم سلفات نشادر + ٧كجم سوبر فوسفات + ٣٥ كجم كربونات كالسيوم + ٧٠ – ١٠٠ كجم تراب

ومن المنتظر أن يعطى الطن الواحد من المادة الأصلية نحو ٢.٥ متر مكعب من السماد العضوي الصناعي.

رابعاً:إستخدام الطحالب كمحسن للأراضي الصحراوية والمستصلحة حديثاً

تلعب الطحالب الخضراء والخضراء المزرقة والحمراء دوراً هاماً في الطبيعة حيث تستخدم كعلاج لخفض التلوث في مياه البحار والأنهار، كما تستخدم بعد إستخراجها وتجفيفها في كثير من المجالات العلمية.

ومن هذه الطحالب مجموعة واسعة الإنتشار ذات قيمة إقتصادية عالية مثل:-

ULOTHRIX - CHLORELLA - EUGLENA - ILLATORIA - NITZSCHIA - ARTHROSPIRA

وهذه الأنواع بجانب نموها في المياه العذبة فهي تنمو أيضاً في المياه المالحة وتقوم هذه الطحالب بإنتاج الأكسجين أثناء عملية التمثيل الضوئي وهذا الأكسجين يستخدم لأكسدة المخلفات والفضلات والنفايات.

وفى أحيان كثيرة فإن هذه الطحالب مفيدة جداً كغذاء للأسماك وزيادة إنتاجيتها وخاصة الطحالب الخضراء والخضراء المزرقة والحمراء حيث تحتوى هذه الطحالب على النسب الآتية من المركبات الحيوية الهامة (دهون ٧ - ١١%، كربوهيدرات ١٢ - ١٦%، بروتين ٥٠ - ٥٥%). إلى جانب إحتوائها على نسب مرتفعة من العناصر المعدنية الكبرى والصغرى والنادرة الهامة واللازمة للنمو والحياة. كما وجد أنها تحتوى على نسب مرتفعة من الهرمونات النباتية المختلفة مثل الأكسجين والسيتوكينين والتي تعتبر عامل هام وحيوي لنمو النباتات.

وفى محاولة لتطبيق ذلك علمياً فقد تم إستخراج كميات لا بأس بها من الطحالب الخضراء المزرقة من قاع البحر الأحمر - بجمهورية مصر العربية - على عمق ٢ متر من سطح البحر وتم تجفيفها في الظل وإستخدام مسحوقها أو مستخلصها في الحالات الآتية:-

١. إضافته إلى الأسمدة المستخدمة في الأراضي الجيرية المنزرعة بمحصول الطماطم أو فول الصويا ووجد أن النمو الخضري كان أقوى وأسرع بدرجة ملحوظة.

٢. إضافته كمستخلص للبيئات التي نميت عليها بذور الطماطم أسرع من درجة الإنبات، كما ساعدت في نفس الوقت على إنتاج شتلات قوية ذات تفريع خضري غزير.

٣. إضافته كمستخلص إلى البيئات المستخدمة في زراعة أنسجة نباتات البيكان والعنب والفول السوداني وجد أن التفريع الخضري والجذري كان أسرع وبدرجة جيدة.

وقد وجد بتحليل مستخلص الطحالب أن الرقم الحامضى لها يتراوح بين ٥.٦ - ٦.٥ مما ساعد على إستخدامه في أي نوع من أنواع الأراضي وخاصة القلوية حيث ساعد على خفض قلويتها وبذلك كان نمو النباتات أفضل. وكذلك وجد أن كمية الكالسيوم والبوتاسيوم به مرتفعة جداً وهى عناصر أساسية للنمو.

خامسا:إستخدام الهندسة الوراثية فى إنتاج وإعتماد التقاوى وكذلك تجميع الأصول الوراثية فى مجموعات نباتية لحفظ هذه الأصول

بهدف تحقيق الأهداف التالية:-

١. إنتاج نباتات مقاومة للإصابة الحشرية والأمراض الفيروسية.

٢. التسميد الحيوي باللقاحات المحورة وراثيا.

٣. تحسين عناصر المكافحة الحيوية للآفات.

٤. إنتاج نباتات مقاومة للظروف البيئية الغير ملائمة مثل الملوحة والجفاف.

٥. دعم برامج رسم الخرائط الوراثية.

٦. نقل موروثات التثبيت البيولوجي للأزوت إلى النباتات الإقتصادية الهامة.

ومع إستخدام الفيروسات الممرضة للحشرات في مكافحة الآفات ظهرت العديد من المشاكل التطبيقية التي حدت بشكل كبير من إنتشار إستخدامها ضمن برامج المكافحة المتكاملة للآفات فكانت الهندسة الوراثية هي الحل الأمثل لهذه العيوب ومن ثم تحسين صفات الفيروسات الممرضة للحشرات بحيث يمكن إستخدامها ضمن برامج المكافحة المتكاملة للآفات من خلال اتجاهين:

١- له أحد چينات الفيروس.

٢- آفة أحد الچينات السامة للحشرات داخل الفيروس وبذلك يزيد التأثير.

ومن أمثلة بعض النباتات المهندسة وراثياً والتي أنتجها مركز البحوث الزراعية:-

- إنتاج نباتات كوسة مقاومة للفيروسات بإستخدام إستراتيچية چين الغلاف البروتينى.
- إنتاج أصناف شعير معدلة وراثياً تتحمل الضغوط البيئية.
- إنتاج أصناف قمح تتحمل الجفاف ومقاومة للإجهاد البيئي.
- إنتاج نباتات موز معدلة وراثياً مقاومة للفيروسات.
- إنتاج نباتات ذرة لإنتاج لقاح للوقاية من الإلتهاب الكبدى بفيروس B. تحديد البصمة الوراثية ورسم الخرائط الوراثية مثل الطماطم - الذرة - نخيل البلح - الكانولا - القطن.

وقد أدى إستخدام النباتات المعدلة وراثياً إلى:-

١. الإنتاجية العالية للمحصول.

٢. خفض التكاليف الزراعية.

٣. زيادة العائد الإقتصادي.

٤. تحسن الظروف الصحية والبيئية.

٥. محصول آمن صحياً خالي من الكيماويات.

سادسا:إنشاء وحدات البيوجاز فى القرية المصرية للإستفادة من المخلفات الزراعية فى إنتاج الطاقة والسماد العضوى.

تحقق هذه التكنولوجيا إنتاج طاقة نظيفة ورخيصة ومتجددة وسماد عضوي طبيعي غنى بالمادة العضوية والعناصر السمادية الكبرى والصغرى والهرمونات النباتية وخالي من الميكروبات المرضية وبذور الحشائش والنيماتودا، وكذلك تأمين القرى من الحرائق ورفع المستوي الصحي وحماية البيئة من التلوث.

المخلفات التي تستخدم لإنتاج البيوجاز:

جميع المخلفات العضوية المتاحة بالقرى والمزارع والمصانع تصلح لإنتاج البيوجاز مثل: روث الماشية - سماد الدواجن - الحطب - قش الأرز - سيقان الموز - بجاس القصب - عروش الخضر - ورد النيل - مخلفات الصرف الصحي - القمامة - مخلفات مصانع الأغذية.

يتم تحضير هذه المخلفات العضوية لا هوائيا داخل مبنى معزول تحت سطح التربة فتقوم أنواع متخصصة من البكتيريا اللاهوائية بتحليلها وإنتاج غاز الميثان مع بعض الغازات الأخرى ويطلق على هذا المخلوط غاز البيوجاز، بالإضافة إلى إنتاج السماد العضوي.

وحدة البيوجاز:

تتكون وحدة البيوجاز من أربعة أجزاء رئيسية هي:-

مخمر - مجمع للغاز - حوض تغذية بالمخلفات - حوض إستقبال السماد العضوي، وكلها مصنعة من طوب وأسمنت ورمل - خراطيم بولي إيثيلين ومواسير حديد أو بلاستيك، صاج، ويتراوح حجم وحدة البيوجاز المنزلية الملائمة للأسمدة الريفية مساحة حوالي ٢.٥ - ٣ م.

شروط إختيار مكان وحدة البيوجاز:-

١. قريبة من حظيرة الماشية ودورة المياه لسهولة تغذيتها.

٢. قريبة من الحقل لسهولة نقل السماد.

٣. أن يكون المكان معرض للشمس طول النهار وغير معرض للرياح.

٤. بعيدة عن مصدر مياه الشرب.

٥. ألا تزيد المسافة بين الوحدة ومكان إستهلاك الغاز عن ٧٥ م.

تغذية وحدة البيوجاز:

تتم التغذية بالمخلفات العضوية (تقطع المخلفات النباتية إلى أجزاء صغيرة أو تطحن) يومياً أو على فترات متباعدة ولابد أن تكون المخلفات مخلوطة بالماء ولا تزيد نسبة المواد الصلبة عن ١٠ % في مخلوط التغذية ويمكن تخمير المخلفات النباتية لمدة ٢٠ يوماً قبل تغذية الوحدة بها.

فوائد البيوجاز:-

١. إنتاج طاقة نظيفة. . غاز البيوجاز غير سام ونظيف وليس له عادم إحتراق ويستخدم مباشرة في الطهي والإنارة والتدفئة وتشغيل ماكينات الري وتوليد الكهرباء.

٢. إنتاج سماد البيوجاز . . ينتج سماد البيوجاز في صورة معلق مائي يستخدم مع مياه الري أو يجفف ويعبأ في أكياس لإستخدامه نثراً. وتبلغ نسبة الرطوبة بالسماد ٣٠% والمادة العضوية ٦٠% والأزوت ١.٩% والفوسفور ١.٥% والبوتاسيوم ٠.٦% وعناصر صغرى بكميات ملائمة. كما أن هذا السماد آمن صحياً وطارد للحشرات المنزلية مثل الذباب والناموس والفئران لخلوة من الرائحة الجاذبة لها.

٣. حماية البيئة من التلوث . . الناجم عن المعالجة التقليدية لمخلفات المزارع والمصانع والقرى والمدن نتيجة الحرق.

٤. تقليل الوقت الذي تستخدمه المرآة الريفية. . في إعداد الطعام وإستغلاله في أهداف إنتاجية أخرى.

٥. الحفاظ على الصحة العامة . . نتيجة عدم إستخدام الكانون وعدم تداول روث الماشية بالأيدي.

سابعا:إنتاج الأعلاف غير التقليدية.

تنتج الأعلاف غير التقليدية من المخلفات الزراعية بتحويلها إلي أعلاف تحل محل جزء من الأعلاف المصنعة.

١- السيلاج:-

هو المنتج الناتج من حفظ محاصيل الأعلاف الخضراء ذات المحتوى الرطوبى العالي بالتخمر تحت الظروف اللاهوائية للحفاظ على قيمتها الغذائية دون التعرض للفساد الهوائي.

وتم إنتاج السيلاج من محاصيل العلف الخضراء البقولية مثل البرسيم أو محاصيل الحبوب مثل الذرة والسورجم أو مخلفات الصناعات الغذائية مثل بجاس قصب السكر ولب البنجر ومخلفات تصنيع الخضر والفاكهة ويعتبر الذرة الأكثر شيوعاً في صناعة السيلاج.

كيفية تصنيع السيلاج

يستطيع الفلاح التحكم بدرجة عالية في مدى نجاح عملية السيلجة للحصول على سيلاج جيد ذو قيمة غذائية عالية بإتباع أسلوب إدارة ناجح على النحو التالي:-

- تحديد الموعد المناسب للحصاد عند أعلى مستوى من السكريات وأقل محتوى من الألياف.
- التقطيع (٣ - ٥ سم) لزيادة كفاءة الكبس.
- ضبط المحتوى الرطوبى.
- صومعة التخزين تكون فوق السوائل الناتجة من عملية الكبس وتوفير مشمع بلاستيك للتغطية.
- التغطية المحكمة بإستخدام أغطية بلاستيك مع إحكام على الأجناب وإستخدام بدائل المبيدات الآمنة.

فوائد السيلاج كعلف حيواني:-

١. يؤدى حفظ محاصيل العلف الأخضر في صورة سيلاج إلى تقليل الفاقد الناتج عن التخزين الجاف.

٢. يمكن توفير السيلاج كعلف حيواني في أي فصل طوال السنة وبأقل تكاليف.

٣. يتميز بنكهة طيبة وطعم مستساغ وتقبل عليه الحيوانات مما يزيد الإنتاج.

٤. يمكن ضغط السيلاج بكميات كبيرة في حيز محدود من الأرض.

٥. إحتوائه على قدر كبير من الطاقة والبروتين ولذا قيمته الغذائية أعلى من الدريس.

٦. إرتفاع معامل هضم المركبات الغذائية نتيجة لفعل الميكروبات والإنزيمات النباتية.

٢- تنمية حبوب الشعير على القش:

ويتم ذلك في وحدة إنتاج بسيطة التجهيز تتيح إمكانية الزراعة على القش (أي زراعة بدون تربة) لإنتاج العلف الأخضر من حبوب الشعير والقش خلال عشرة أيام.

مميزات وحدة إنتاج العلف بدون تربة:-

١. إقتصادية في مساحة الأرض حيث تشغل الوحدة ٤ x ٦ م.

٢. إقتصادية في إستهلاك المياه حيث تستهلك ٢% من استهلاك المياه في الزراعة التقليدية.

٣. صحية خالية من الأمراض والتلوث.

٤. إقتصادية في توفير العمالة وتنتج ٣٥٠ كجم / أسبوع.

مميزات العلف الناتج:

١. تصل نسبة البروتين إلى أكثر من ١٢%.

٢. درجة الهضم عالية.

٣. يحتوى على نسبة عالية من الفيتامينات.

٤. غنى بالطاقة.

٣- الحقن بغاز الأمونيا أو الرش بمحلول اليوريا:

يمكن تعظيم الإستفادة من مخلفات المحاصيل مثل تبن القمح والشعير والفول وقش الأرز وحطب الذرة الشامية وعروش الخضروات التي تستخدم في تغذية الحيوان عن طريق زيادة محتواها البروتينى مما يزيد من معامل هضم هذه المخلفات بإستخدام تكنولوچيا بسيطة مثل الحقن بغاز الأمونيا أو الرش بمحلول اليوريا.

٤- التلقيح بالفطريات:

يتم ذلك بتلقيح المخلفات النباتية ببعض الفطريات الغنية بمحتواها البروتينى كالتالي:

١- تقطع المخلفات إلى أطوال تتراوح مابين ٢ - ٣ سم تنقع في الماء لمدة ساعتين.

٢- يتم بسترة المخلفات يرفع درجة حرارة الماء إلى ٩٠ ْم لمدة ساعتين.

٣- تنشر المخلفات على مناشر للتخلص من المياه الزائدة والوصول إلى محتوى رطوبى ٥٦ - ٧٠%.

٤- تعبأ المخلفات في أكياس سعة ٢٠ كجم فى طبقات متبادلة مع اللقاح الفطري ثم تغلف وتحضن في حجرة درجة حرارتها ٢٨ -٣٠ْ م لمدة ٣ أسابيع.

٥- بعد إنتهاء فترة التحضين تفتح الأكياس حيث يكون النمو الفطري منتشر بالمخلف ثم يقدم كعلف للحيوان.

ويتميز هذا العلف بإحتوائه على بروتين بنسبة ١٢ - ١٥% ومعامل هضم مرتفع يصل إلى ٥٥% ويعتبر مصدر علف رخيص وسهل ويمكن إنتاجه طول العام.

ثامنا: معالجة المياه العادمة لإستخدامها فى الزراعة.

تمثل المياه العادمة مصدراً هاماً لتلوث البيئة بالميكروبات المرضية والطفيليات مسببة أمراضاً شديدة للإنسان والحيوان فضلاً على أنها مصدراً للروائح الكريهة ومكاناً مفضلاً لتراكم وتوالد الذباب والبعوض. كما أن إلقاء هذه المياه بدون معالجة في المجارى المائية يؤدى إلى تلوثها، كما يؤدى أيضاً إلى نقص الأكسجين الذائب في الماء مما يؤثر على الثروة السمكية والأحياء المائية الأخرى، كما تحتوى المياه العادمة على الأمونيا والنترات والمواد العضوية الذائبة بتركيزات عالية وكذلك المواد الكيماوية والمبيدات والعناصر الثقيلة.

مصادر المياه العادمة:

١. كسح المراحيض أو مياه الصرف الصحي.

٢. مياه غسل إسطبلات تربية الماشية.

٣. مياه المجازر.

٤. مياه صرف مصانع الأغذية ومنتجات الألبان.

فوائد معالجة المياه العادمة:-

١. التخلص من الميكروبات المرضية والطفيليات.

٢. خفض محتوى المياه العادمة من المواد العضوية والعناصر المعدنية.

٣. تنقية المياه وإستخدامها في الري دون مخاطر.

٤. حماية البيئة من التلوث.

معالجة المياه العادمة يتم بأحد اطرق الآتية:-

١- المعالجة الطبيعية والكيماوية:-

نظام المعالجة وتتم علي ثلاث مراحل هي:-

(أ) المعالجة الأولية

وفيها يتم التخلص من حوالي ٩٠ % من المواد الصلبة والعالقة في المياه وذلك بالترسيب في أحواض كبيرة أو برك وقد تضاف مواد تساعد على تجمع الحبيبات وترسيبها مثل أملاح الشبة وأملاح الحديد وهذه العملية تقلل من المحتوى الميكروبي للمياه.

(ب) المعالجة الثانوية

وتجرى للتخلص من المواد العضوية الموجودة بالمياه وتستخدم فيها البكتريا وبالتي يتم عن طريقها يتم التخلص من ٩٥ % من المواد العضوية وتتم هذه العملية بتجميع المياه المعالجة أولياً في خزانات أو برك وتترك لمدة كافية يتم خلالها تحلل المواد العضوية بفعل البكتيريا. يمكن الإستفادة من المياه المعالجة ثانوياً في كثير من المصانع وفى ري نوعيات معينة من المحاصيل والأراضي حيث تكون هذه المياه غنية بمركبات الفسفور والبوتاسيوم والنيتروجين وبالتي تعتبر عناصر سمادية بكميات مناسبة.

(جـ) المعالجة النهائية أو الثلاثية

وتجرى أساسا للتخلص من البكتريا والميكروبات المرضية والمواد غير العضوية مثل الكلوريدات والكبريتات والفوسفات والنترات والأصباغ ونسبة كبيرة من المعادن الثقيلة وقد يستعمل الكربون النشط في إمتصاص بعض هذه المركبات كما أن المعالجة بالكلور تعد من أكثر الطرق فاعلية للتخلص من البكتريا والكائنات الدقيقة المثبتة.

أو قد يستخدم نظام الأحواض المائية الزلطية الذي يعتمد على المعالجة البيولوجية في تنقية المياه. حيث يقوم النظام بتنقية المياه العادمة وتخليصها من المواد الملوثة بكفاءة عالية وجعلها مطابقة للحدود المسموح بها ويتكون هذا النظام من أحواض أو قنوات طولية لا تسمح بتسرب المياه، ذات ميول تساعد على حركة الماء داخلها ممتلئة بحبيبات زلطية ذات أقطار مختلفة ومنزرعة بأحد أو بعض النباتات ذات القدرة العالية فى تنقية المياه.

٢- المعالجة بإستخدام نبات البردي:-

ولقد قامت جامعة قناة السويس بالإشتراك مع جامعة بورتسموت الإنجليزية بمعالجة مياه الصرف الصحي بالإسماعيلية عن طريق المعالجة البيولوجية بنباتي البوص والبردي حيث لهما القدرة علي إمتصاص أنواع الملوثات وتحويل بعضها من صورة ضارة إلى أخرى نافعة وكذلك إختزال أعداد البكتريا بما يمكنها من رفع نسبة الأكسجين الذائب وتحويل النيتروجين السام إلى نيتروجين مفيد للنبات وقد تم إختيار منطقة أبو عطوة بالإسماعيلية لتنفيذ التجربة التي تعتمد على إمرار تيار مياه الصرف الصحي في أحواض مملوءة بالزلط ومزروعة بأنواع من النباتات مثل البوص والبردي لخلق بيئة قادرة على تحسين خواص المياه لإستخدامها في زراعة العلف وبعض المحاصيل الأخرى وكانت النتائج:

١- نمو نبات الغاب والبردي جذريا وخضريا جيدا وبأطوال كبيرة جدا.

٢- تم إستزراع نبات علف الفيل وأعطى نموا كثيفا.

٣- لوحظ إنخفاض نسبة الأكسجين الحيوي الممتص والمواد العالقة والأمونيا وأعداد بكتريا القولون من مياه الصرف المستعملة.

٣ - المعالجة بإستخدام ورد النيل:

إن نبات ورد النيل جهاز طبيعي لتنقية مياه الأنهار والترع والمصارف ولكن عندما يصل إلى الإعاقة النهرية فإن مكافحته واجبة بالطرق الميكانيكية فله القدرة على إمتصاص المعادن الثقيلة من الماء والمعادن السامة مثل الفضة والكوبالت والرصاص والزئبق والنيكل والكادميوم ووجد أن ٩٧% من الكادميوم والنيكل يتركز في جذوره خلال ٢٤ ساعة كما يمتص المركبات العضوية الموجودة في مياه الشرب فهو يحسن من خواص مياه النيل وينقى مياه الصرف ويخفض مستوى مياه التلوث بنسبة ٧٥ - ٨٠ %.

تاسعا: التسميد الحيوى

تعتبر الأسمدة أو المخصبات الحيوية مصادر غذائية للنبات رخيصة الثمن بديلاً عن إستخدام الأسمدة المعدنية والتي لها الأثر في تلوث البيئة سواء كانت التربة أو المياه عند الإسراف في إستخدامها. وتنتج هذه المخصبات من الكائنات الحية الدقيقة وتستعمل كلقاح حيث تضاف إلى التربة الزراعية إما نثراً أو بخلطها مع التربة أو بخلطها مع بذور النبات عند الزراعة. والمخصبات الحيوية منها نوعان:-

- الأول. . مخصبات تقوم بتثبيت النيتروجين الجوى سواء تكافلياً أو غير تكافلياً وتوفر (٢٥%) من الأسمدة النتروجينية. ومن أمثلتها(السيريالين - الريزوباكترين - البيوجين - الآزولا).

- الثاني. . مخصبات تقوم بإذابة ومعدنة الفوسفات العضوية وتحولها من الصورة غير الصالحة إلى صورة ميسرة قابلة للإمتصاص بواسطة النبات مثل الفوسفورين وتوفر (٥٠%) من الأسمدة الفوسفاتية.

وتحقق إستخدام المخصبات الحيوية فوائد عديدة عند إستخدامها كبديل للأسمدة الكيماوية منها:-

١- إعادة توازن الميكروبات فى التربة وتنشيط العمليات الحيوية بها.

٢- ترشيد إستخدام الأسمدة المعدنية والحد من تلوث البيئة.

٣- زيادة الإنتاجية المحصولية والجودة العالية الخالية من الكيماويات.

ويعتبر التسميد الحيوي عنصر هام من عناصر تقليل الضرر الناتج عن إستخدام الأسمدة الكيماوية ويسد جزء كبير من الإحتياجات السمادية ويوفر القدر الكبير الذي ينفق في إنتاجها ويساعد على تقليل الطاقة المستخدمة في إنتاجها. كما أن كثير من المزروعات البقولية ترتبط بإستخدام المخصبات الحيوية وهذا يزيد من كمية البروتينات التي يحتاجها الإنسان وبذلك يتم التوازن في مكونات الغذاء بأقل التكاليف ودون تلوث للبيئة.

من أمثلة المخصبات الحيوية المستخدمة حالياً في الزراعة النظيفة بمصر والتي تنتجها وحدة المخصبات الحيوية (مركز البحوث الزراعية) هي:-

١- بلوجين . . . مخصب حيوا يحتوى على الطحالب الخضراء المزرقة القادرة على تثبيت النيتروجين الجوى في أجسامها بتحويله إلى مركبات آزوتية يمكن للنبات الإستفادة منها ويوفر ما مقداره ١٥ كجم أزوت/ للفدان.

٢- ميكروبين. . . مخصب حيوي مركب يتكون من مجموعة كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة التي تزيد من خصوبة التربة ويقلل من معدلات إضافة الأسمدة الأزوتية والفوسفاتية والعناصر الصغرى بما لا يقل عن ٢٥% ويحد من مشكلات التلوث البيئي ويضاف إلى التقاوي السابق معاملتها بالمبيدات والمطهرات الفطرية.

٣- فسفوريين. . . مخصب فسفوري حيوي يحتوى على بكتريا نشطة جداً في تحويل الفوسفات الثلاثي الكالسيوم غير الميسر والمتواجد في الأراضي المصرية بتركيزات عالية نتيجة للإستخدام المركز للأسمدة الفوسفاتية وتحوله إلى فوسفات أحادى ميسر للنبات.

٤- سيريالين . . . يستخدم في التسميد الحيوي للمحاصيل النجيلية مثل (القمح - الشعير - الأرز - الذرة) المحاصيل الذيتية مثل (السمسم وعباد الشمس) والسكرية مثل (بنجر السكر وقصب السكر) وهو يقلل من إستخدام الأسمدة المعدنية بمقدار ١٠ - ٢٥% من المقررات السمادية للفدان.

٥- نتروبين . . . مخصب حيوي آزوتى لجميع المحاصيل الحقلية والفاكهة والخضر فهو يحتوى على بكتريا مثبتة للأزوت الجوى ويوفر ٣٥% من كمية الأسمدة الأزوتية المستخدمة.

٦- العقدين . . . مخصب حيوي آزوتى للمحاصيل البقولية الصيفية مثل (فول الصويا - الفول السوداني - اللوبيا) والمحاصيل البقولية الشتوية (فول بلدي - برسيم - عدس - حلبة - بسلة - ترمس) ويتم خلطه مع التقاوي قبل الزراعة مباشرة.

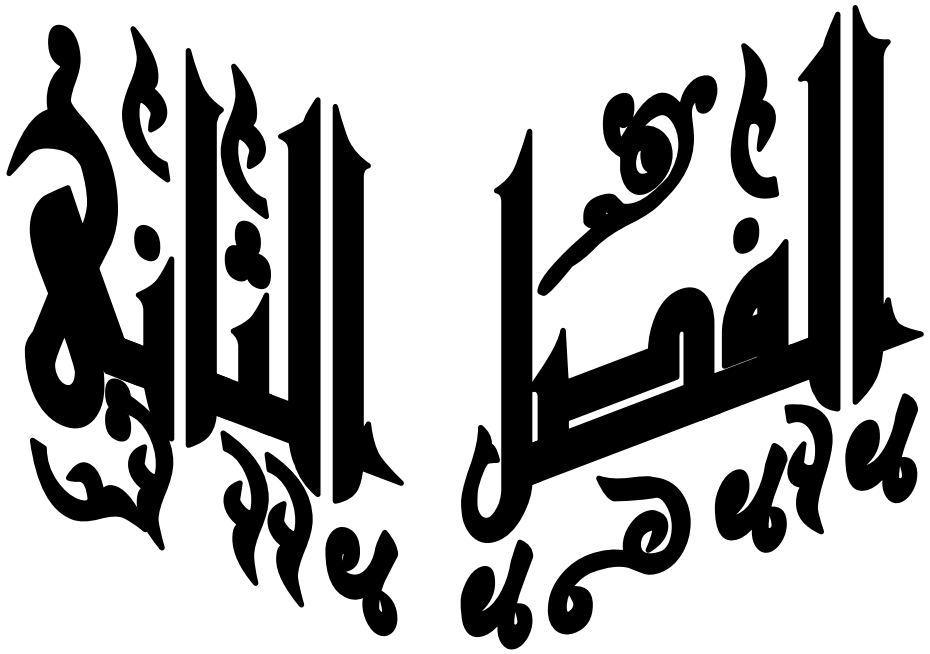
٧- أسكوربين . . . منشط نمو طبيعي للمحاصيل الحقلية والخضر والفاكهة وتحتوى على مواد عضوية مغذية للنبات بنسبة ٦٢% يوفر ٢٥% من المقررات السمادية الأزوتية الموصى بها.

٨- ريزوباكتيرين . . . مخصب حيوي فعال يستخدم في المحاصيل الحقلية والخضر والفاكهة ويحتوى على أعداد كبيرة من البكتريا المثبتة للأزوت الجوى تكافليا ولا تكافليا والمحملة على Peat Moss. ويوفر كمية السماد الأزوتى الكيماوي المقررة للفدان بنسبة من ٢٥% للنبات غير البقولي، ٨٥% للنبات البقولي.

٩- النماليس . . . مخصب ومبيد حيوي للقضاء على النيماتودا. ومن مميزاته:-

- القضاء على يرقات وبويضات النيماتودا.
- زيادة خصوبة التربة.
- رخص تكاليف المقاومة.
- عدم التأثير على الكائنات الحية الدقيقة النافعة للتربة.
- الحفاظ على نظافة البيئة.

١٠- الأزولا . . . وهى من النباتات الأولية التي تتعايش معها الطحالب الخضراء المزرقة المثبتة للأزوت الجوى وتنمو على سطح المياه في حقول الأرز وتوفرها وزارة الزراعة بكميات كبيرة في محافظات زراعة الأرز بمصر.


الفصل الثاني

بعد أن أصبحت الأسمدة الكيميائية عبئا وميراثا ثقيلا أفقد الأراضي خصوبتها وأدى إلى العديد من الكوارث والمشاكل الزراعية أقلها التملح وتلوث التربة وإرتفاع ملوحة التربة وتلوثها وكذلك تلوث المياه الجوفية، عادت إلى السطح نظريات التسميد العضوي المطورة والتسميد الحيوي.

يعتبر التسميد الحيوي حجر الأساس الذي يجب وضعه لرفع القيمة الإنتاجية للأراضي الزراعية والإقلال من التلوث البيئي الناتج من الإسراف في إستخدام الأسمدة المعدنية (الأسمدة الكيماوية) ولذا فإن الكائنات الحية الدقيقة هي أحد العوامل الهامة التي تؤدي إلى التسميد الحيوي الذي يفي بقدر كبير من إحتياجات النباتات.

وجدت الكائنات المجهرية الدقيقة في مختلف بقاع العالم وقد لعبت هذه الميكروبات شديدة التكيف دورا مهما في عملية التوازن البيئي في الأرض من خلال بنائها الفيزيائي المتماسك وقدرتها على التوالد طبيعيا.

الأحياء الدقيقة في التربة

يهدف علم الأحياء الدقيقة في التربة Soil microbiology إلى الكشف عن التحولات المرتبطة بنشاطات هذه الأحياء ونتائجها المتبادلة من جهة وإلى دراسة تأثيراتها في النباتات والوسط الذي تعيش فيه من جهة أخرى.

تحتوي التربة على أعداد كبيرة من الكائنات الحية المتباينة في حجمها التي تتراوح بين خلايا مجهريه مفردة يقل قطرها عن ميكرون واحد، وحيوانات صغيرة، كما تختلف هذه الأحياء في أشكالها وأنواعها وتبعيتها التصنيفية.

أهمية أحياء التربة

تقوم أحياء التربة بتفكيك المواد العضوية الطبيعية جميعها، وتحسين خصوبة التربة بتحطيم أنسجة النباتات والحيوانات فيها، ودمج النواتج والمعادن المحررة مع التربة، كما أن لبعض أنواعها قدرة على حلّ بعض المنتجات المصنعة من الإنسان. تحوِّل أحياء التربة بشقيها الفلورا النباتية والفونا الحيوانية المواد المتحللة إلى معقد عضوي مهم في التربة يسمى الدبال humus يتركب من نحو ٦٠٪ كربون ونحو٦٪ من الأزوت إضافة إلى مركبات فينولية فوسفاتية عضوية وسكريات معقدة وغيرها. تمزج حيوانات التربة بحركتها الدبال مع التربة، مما يساعد على

تحسين خواص التربة بتفتيت حبيباتها وتهويتها وحركة الماء فيها وتجعل الدبال المتكون في متناول الأحياء الدقيقة.

تقوم الأحياء الدقيقة بهدم وتحليل الدبال ، ويتم هذا التحلل بصورة بطيئة محررة منه المغذيات النباتية بعد موت هذه الأحياء.

أهم العوامل التي تؤدي إلي وجود وإنتشار النشاط:-

١- الغذاء:

تحتاج الكائنات الحية الدقيقة لجميع العناصر الغذائية التى تحتاج إليها الكائنات الحية الراقية كالكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والفوسفور والصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم والماغنسيوم والمنجنيز والكبريت والكلور والحديد والزنك والنحاس والكوبلت والموليبدنم. والإختلافات بين الأحياء الدقيقة يكون فى نوعية المركبات التى تحتاج إليها ولكن ليس فى العناصر التى يتكون منها الغذاء.

تحتاج الميكروبات للغذاء لغرضين مهمين وهما:

١. الحصول على الطاقة اللازمة للعمليات الحيوية المختلفة.

٢. الحصول على العناصر اللازمة لبناء الخلية.

ومعظم الغذاء للكائنات الحية الدقيقة التى ليس لها القدرة على التمثيل الضوئى يستعمل فى عملية الطاقة بينما الكائنات الدقيقة التى لها قدرة على التمثيل الضوئى يستعمل فى النمو وبناء البروتوبلازم.

رغم الإختلاف بين الميكروبات فى نوعية الغذاء ولكنها تتفق فى عدد من العناصر التى تحتاجها للنمو والتكاثر مثل Mg, K, Ca, Fe, S, P, N, H, O, C أما عناصر مثل Si, I, Mo, B, Cu, Mn, Zn لازمة لبعض الميكروبات فقط ويمكن للميكروبات النمو فى وجود كميات ضئيلة جداً من الغذاء اللازم لها وتحتاج الميكروبات إلى الفيتامينات التى تؤدى وظيفة مساعدات الإنزيم أو الإنزيمات، على أن بعض الميكروبات لها القدرة على تكوين ما تحتاج إليه من فيتامينات بينما البعض الأخر غير قادر على تمثيل الفيتامينات، وفى هذه الحالة يجب توفرها فى غذاء هذه الميكروبات.

ويمكن تقسيم الميكروبات تبعآ لطبيعة تغذيتها (مصادر الكربون والطاقة) إلى :-

أ- ميكروبات ذاتية التغذية Autotrophic:-

تحصل على الكربون من CO_2 (مثل النبات) والطاقة إما من ضوء الشمس أو من أكسدة المركبات المعدنية القابلة للأكسدة وتقسم إلى:-

١- ذاتية التغذية الضوئية Photosynthetic autotrophic or Photolithotrophic:

مصدر الطاقة هو ضوء الشمس عن طريق عملية التمثيل الضوئى وهذه مثل الطحالب وبعض أنواع البكتريا مثل بكتريا الكبريت الخضراء حيث تحتوى على الكلوروفيل أو مادة مشابهة له.

٢- ذاتية التغذية الكيميائية Chemoautotrophics or Chemolithotrophic :

مصدر الطاقة أكسدة المواد المعدنية مثل بكتريا التأزت وبكتريا أكسدة الكبريت وبكتريا الحديد.

ب- ميكروبات غير ذاتية التغذية Heterotrophic:-

أو تسمى عضوية التغذية Organotrophic وتحصل على إحتياجاتها من الكربون والطاقة من مصادر عضوية وليس لها القدرة على الإعتماد على ثانى أكسيد الكربون الجوى كمصدر للكربون اللازم لبناء خلاياها على أن CO_2 الجوى قد يكون عامل منشط لنمو بعض أنواع الميكروبات الهيتيروتروفية. وهى تمثل أغلب الميكروبات التى تعيش فى التربة. وتقوم بعديد من التفاعلات الهامة لتحلل المادة العضوية المعقدة وتحولها لصور بسيطة جاهزة للنبات مثل تحلل البروتينات والنشدرة ومعدنة الفوسفور العضوى ولها دور هام فى تكوين الدبال. كما تنتج أحماض عضوية أثناء تحلل المواد العضوية هذه الأحماض تعمل على إذابة كثير من العناصر الغذائية المعدنية الغير ذائبة فى الأرض مما يسهل إستفادة النبات منها.

وهذه الميكروبات إما أن تكون رمية Saprophytic وتعيش على المواد العضوية الغير حية أو متطفلة Parasitic وتحصل على الغذاء اللازم لها من نسيج عائل حى أكبر حجمآ وتسبب له ضرر وقد يكون التطفل إختيارى Facultative حيث يستطيع النمو مستقلآ أو متطفلآ أو إجبارى Obligate حيث لا ينمو الكائن إلا على عائل حى مثل بكتريوفاج البكتريا.

كمية ونوع الغذاء يحدد لحد كبير نوع وعدد الميكروبات بالتربة وأغلبها كما ذكرنا مسبقآ من النوع Heterotrophic المحتاجة للمادة العضوية، وقد ينتج من إستعمال نوع معين من الميكروبات لغذاء ما تكون مواد غذائية جديدة صالحة لإستعمال ميكروبات أخرى، فمثلآ

البكتريا والفطريات المحللة للسيليولوز تحوله لسكريات بسيطة أو أحماض عضوية تستخدم بواسطة الميكروبات غير المحللة للسيليلوز. وقد تفرز الميكروبات مواد ضارة لميكروبات أخرى.

والغذاء الداخل فى تكوين بروتوبلازم الميكروبات عند موتها تقوم ميكروبات بتحليلها ونواتج الإنحلال يستعمل بواسطة النبات أو الميكروبات أو يفقد بالغسيل.

تحتاج الكائنات الحية الدقيقة بالإضافة للعناصر الغذائية الرئيسية اللازمة لبناء أجسامها ومدها بالطاقة اللازمة لعملياتها الحيوية إلى كميات ضئيلة من الفيتامينات التى تدخل فى تركيب بعض الإنزيمات (خاصة فيتامين ب)، وبعض الكائنات تستطيع أن تكون الفيتامينات اللازمة لها فمثلاً بعض أنواع الخمائر تستطيع أن تخلق فيتامين ب بينما البعض الأخر ليس له هذه القدرة مما يحتم إضافة الفيتامينات اللازمة للبيئة حتى تنمو تلك الكائنات نموآ طبيعياً.

٢-الرطوبة:-

يجب توفر الرطوبة لنمو الميكروبات بالأرض الزراعية، تحتاج الكائنات الحية الدقيقة الماء لحمل الغذاء لداخل الخلايا فى صورة محاليل وكذلك المواد التالفة لخارج الخلايا. والماء ضرورى لأنه يمثل ٧٠ – ٩٠% من وزن الخلية كما أن التفاعلات الحيوية التى تحدث داخل الخلايا تكون كلها فى وسط مائى. وعموماً الفطريات والأكتينوميستات تتحمل نسبة أقل من الرطوبة عن البكتريا ويجب أن يكون الماء حر وغير مرتبط بحبيبات التربة حتى تستفاد منه الميكروبات. وتؤثر الرطوبة الأرضية على كل من حرارة الأرض وتهويتها.

فنجد أن الأرض الرطبة تمتص الحرارة ببطء وتفقدها ببطء بينما التربة الجافة تتغير حرارتها بسرعة تبعآ لدرجة حرارة الجو. كما أن الأرض المشبعة بالماء تكون تهويتها رديئة وتصبح الظروف بها غير هوائية بعكس الأراضى التى تحتوى على رطوبة أقل فتسمح بوجود هواء فى مسامها.

٣- الضغط الإسموزى Osmotic pressure:-

الضغط الإسموزى أحد العوامل الهامة التى تؤثر على دخول الماء والمواد الغذائية لداخل خلايا الكائنات الحية الدقيقة. فوجود المواد الغذائية التى تستفيد منها هذه الكائنات (البكتريا والفطريات والطحالب) بتركيز منخفض أو عالى يؤثر على دخول الغذاء وبالتالى يتأثر نمو هذه الكائنات ويتوقف. فمثلاً إذا كان سكر الجلوكوز ذائباً بتركيز مناسب فى الماء الذى يوجد فيه خلايا الكائنات الحية الدقيقة يعتبر غذاء جيد أما إذا كان بتركيز مرتفع فإنه يمنع نمو هذه الكائنات وذلك يعنى أن الضغط الإسموزى للمحلول الخارجى أكبر منه للمحلول الذى يوجد داخل الخلايا وذلك يعمل على ترسب الماء من الخلايا إلى المحلول الخارجى بينما يندفع لداخل الخلية جزيئات الجلوكوز حتى يتوازن الضغط الإسموزى داخل وخارج الخلايا وهذا يؤدى إلى إنكماش بروتوبلازم الخلية وهو ما يطلق عليه البلزمة. وإذا ما كان الضغط الإسموذى للمحلول خارج الخلية أقل من داخلها (كوضع الخلايا فى الماء المقطر) فإن الماء يندفع لداخل الخلايا مما يؤدى لإنتفاخها وإنفجارها إذا لم تتحمل جدرها الضغط الداخلى. وعلى ذلك تنمو الكائنات بطريقة طبيعية إذا ما تساوى الضغط الإسموزى داخل وخارج الخلايا.

وهناك بعض الكائنات الحية الدقيقة لها القدرة على النمو فى المحاليل الملحية والسكرية زائدة التركيز (بكتريا وخمائر) ويطلق عليها Osmophilic وعلل ذلك بأن الغشاء السيتوبلازمى لهذه الكائنات له قدرته على التحكم فى النفاذية فى المحاليل زائدة التركيز أو بأن الخلايا تكون محاطة بغلاف دهنى أو تتكون داخل الخلايا طاقة كبيرة تمنع دخول الأملاح أو السكريات لداخل الخلايا.

وقد أهتم بدراسة البكتريا المحبة للملوحة Halophilic حيث تنمو فى تركيزات عالية من الملوحة وتحتاج من ١٧-٢٣% ملح لنموها وعدم توفر التركيزات العالية من الأملاح تتحلل جدرها وينساب محتواها الخلوى وتموت وهى سالبة لجرام وتتراوح ما بين العصوية Halobacterium والكروية Halococcus ومستعمراتها لونها أحمر أو برتقالى لإحتواء الخلايا على مواد كاروتينية وهى لحماية الخلايا من ضوء الشمس وهى تتواجد بالأراضى الملحية مثل مستنقعات ووادى النطرون.

٤- درجة الحرارة:-

تتأثر حرارة التربة بحرارة الجو ومدى رطوبتها ومحتواها من المادة العضوية وعلى قوام التربة وعلى وجود نباتات من عدمه. وتؤثر درجة الحرارة تأثيرآ مباشرآ على سرعة التفاعلات الحيوية التى تدخل خلايا الكائنات الحية عمومآ، ومن ذلك يتضح أن درجة الحرارة من أهم العوامل التى تؤثر على سرعة نمو ونشاط هذه الكائنات الدقيقة.

ومعظم الميكروبات بالتربة محبة للحرارة المتوسطة Mesophilic أى أن درجة ١٥-٤٥ ْم أكثر ملاءمة لنمو الميكروبات. وفى درجات الحرارة المنخفضة يقل نشاط Mesophilic ويزيد نشاط الميكروبات المحبة للحرارة المنخفضة Psychrophilic وفى الحرارة العالية يزيد نشاط الميكروبات المحبة للحرارة العالية Thermophilic حيث أن عند الحرارة العالية يقف نشاط الميكروبات وخاصة المحبة للبرودة والغير متجرثمة من المحبة للحرارة المتوسطة بينما المحبة للحرارة العالية والمتجرثمة من المحبة للحرارة المتوسطة لا تموت إذا إرتفعت الحرارة كثيرآ. ويمكننا القول أن لكل كائن حى مدى حرارى يمكن أن يعيش فى نطاقه ولكن هناك درجة حرارة معينة يطلق عليها درجة الحرارة المثلى optimum يكون عندها النمو فى أقصى سرعته ونشاطه ويقل النمو والنشاط إذا ما إرتفعت أو إنخفضت درجة الحرارة عن هذه الدرجة المثلى. وأقل درجة حرارة يمكن للكائن الدقيق النمو عليها تسمى الدرجة الصغرى minimum حيث يكون النمو بطيئآ والنشاط ضعيفآ ولا يحدث أى نمو تحت هذه الدرجة. وأعلى درجة حرارة يعيش عليها الكائن الحى تسمى درجة الحرارة العظمى أو القصوى maximum ويكون عند هذه الدرجة التفاعلات الحيوية فى أقصى سرعتها إلا أنها لا تستمر طويلآ على هذه الحالة نظرآ لزيادة سرعة عمليات الهدم عن البناء فيؤدى ذلك إلى هلاك الخلايا.

يبين المدى الحرارى الذى يمكن أن يعيش فى نطاقه الكائنات الحية الدقيقة :

	Minimum	Optimum	Maximum

Psychrophilic	0	15 - 20	30 ˚C
Mesophilic	5 - 25	25 - 37	45˚C
Thermophilic	40	55 - 65	75 - 85 ˚C

٥- تركيز أيون الهيدروجين pH :

تتأثر الميكروبات بمدى حموضة وقلوية التربة والمدى المناسب من ٦ – ٨ أى شبه المتعادل. ولكن يوجد بعض الميكروبات وخاصة الفطريات تحب الوسط الحامضى ويصل إلى pH = 2 وأنواع من الأكتينومسيتات تنمو فى الأراضى القلوية الأكثر من ٨ أما أنواع البكتريا تنمو جيداً فى البيئة المتعادلة، ولكن هذا لا يمنع من وجود بعض أنواع من هذه الكائنات يمكنها أن تعيش وتنمو فى وسط مخالف من حيث رقم ال pH فمثلاً هناك بكتريا يمكن أن تعيش فى بيئة حامضية أو أنواع أخرى تنمو فى منابت رقمها الهيدروجينى١٣.

ورغم إنتاج CO_2 من الميكروبات وإتحاده بالماء وتكوين حمض الكربونيك، وكذلك الأحماض العضوية التى تنتجها الميكروبات ولكننا نجد أن التربة لا تتأثر ولا يحدث تغير دائم وإن كان يحدث تغير وقتى سرعان ما يزول وذلك يرجع للفعل المنظم للأرض Buffer action. كما أن بعض الميكروبات تقوم بتحليل الأحماض العضوية الناتجة كما أن النباتات تمتص أيونات الأزوتات والكبريتات الناتجة من فعل الميكروبات، على أنه فى الأراضى الغنية بالمواد العضوية تتراكم الأحماض مما يؤدى لحدوث تغير ملحوظ فى درجة الحموضة وقد يستمر بعض الوقت.

٦- التهوية:

يعتبر توافر الأوكسجين من العوامل التى تؤثر على نشاط ونمو الأحياء الدقيقة فكل الفطريات والأكتينوميسيتات ومعظم البكتريا هوائية المعيشة Aerobic، وبعض أنواع البكتريا لا هوائية المعيشة Anaerobic ولا هوائية إختيارياً Facultative aerobic وهذه الأنواع تنمو وتنشط فى غياب الأوكسجين وتوجد منتشرة فى الأراضى السيئة الصرف وتحت هذه الظروف تتجمع المركبات الوسطية وبعضها يكون سام للنباتات مثل كبريتوز الهيدروجين وغيرها. وبعض الميكروبات تحتاج لكميات قليلة من الأوكسجين وتسمى Microaerophilic.

فى الأراضى الخفيفة وعند درجة رطوبة مناسبة حيث يتوفر الأوكسجين تتأكسد المركبات العضوية وغير العضوية بسرعة ولدرجة كبيرة بواسطة الميكروبات، بينما فى الأراضى الثقيلة الرطبة فإن عمليات الأكسدة تكون بطيئة ولذلك تتراكم المواد العضوية فى الأراضى الرطبة والرديئة التهوية.

٧- المواد المانعة للنمو أو الضارة:

قد تحتوى الأرض على المركبات المختلفة الضارة لنمو ونشاط الأحياء الدقيقة وقد تقتلها مثل التركيز العالى للأملاح كما فى الأراضى الملحية والقلوية. وكذلك الزيوت ومركبات الزنك والرصاص ومركباتهم. كما أن المبيدات لها تأثير ضار على نمو ونشاط الأحياء الدقيقة وبعض الأحياء الدقيقة لها القدرة على إنتاج المضادات الحيوية Antibiotics وهى تحبط نمو كائنات حية أخرى. وبعض الميكروبات تنتج أحماضاً أثناء نشاطها الغذائى مثل حامض الكربونيك والكبريتيك والنيتريك وهذه تؤثر على الميكروبات الحساسة للحموضة، كما أن من الميكروبات ما يفرز كنواتج للتمثيل الغذائى موادآ سامة للكائنات الأخرى منها ما يوقف نمو البكتريا Bacteriostatic أو يقتلها Bactericidal ومن هذه السموم ما تفرزه الطحالب وتسمى Phycotoxins كما أن بعض الفطريات تفرز سموماً فطرية تسمى Mycotoxins.

٨- تأثير النبات :

ينشأ من نمو النبات بقايا ومخلفات نباتية فى الأرض عبارة عن جذور وأوراق وغيرها وعند وصول هذه المخلفات النباتية إلى التربة فإنها تتعرض للتحلل الميكروبى مما يؤدى إلى زيادة نشاط ونمو الميكروبات وتكوين خلايا ميكروبية جديدة .

كما أن جذور النباتات تعمل على تحسين تهوية الأرض كما تفرز مواد منشطة لنمو الأحياء الدقيقة، ويلاحظ أن جذور النباتات والشعيرات الجذرية والجزء من الأرض المواجه للجذور يحمل عدد كبير من الأحياء الدقيقة ويطلق على هذا الجزء من الأرض الملاصق للجذور والذى يحتوى على أعداد كبيرة من الميكروبات بمنطقة الـ Rhizosphere . وتأثير النبات يتوقف إلى حد كبير على نوع النبات وعمره وطبيعة الأرض والظروف المحيطة وأكبر عدد من الميكروبات يكون أثناء النمو السريع.

٩- تأثير فصول السنة:

يختلف عدد الميكروبات من فصل لأخر وأكثرها أثناء الربيع والخريف. فى الشتاء تنخفض الحرارة ويتوقف نشاط الميكروبات وفى الصيف يقف النمو والتكاثر لفترة من الوقت يتناقص بعدها العدد ويتوقف ذلك على:

أ- الرطوبة الأرضية ب – النباتات النامية ج- طريقة الزراعة المتبعة

أما فى الخريف يزيد عدد الميكروبات وذلك لتوفير المادة العضوية المصاحب لنضج النباتات ولإرتفاع الرطوبة بسبب إنخفاض النتح والبخر. ويمكن تلخيص ما سبق فى أن الإختلاف فى عد الميكروبات من فصل لأخر يعزى للمناخ أما الإختلاف من يوم لأخر يعزى للتنافس بين الأفراد.

جدول ٣: يبين توزيع الفطريات فى قطاعات التربة مع إختلافه أشهر السنة:

عدد الفطريات / جرام تربة 10^3 X						
العمق	الأفق	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر
0 – 7	A	35	6	10	15	22
7 – 14	A	30	6	6	4	5
14 – 28	A	3	2	3	3	6
33 – 52	A	2	2	1	5	5
52 – 68	B	1	6	0	3	5
68 - 84	B	0	0	1	2	5

١٠- <u>تأثير العمق:</u>

الميكروبات لا تتوزع توزيع منتظم فى القطاع الأرضى ولذلك نجد أن الطبقة السطحية من الأرض تحتوى على عدد كبير من الميكروبات ثم تتناقص عددها مع العمق ويتوقف على التهوية وكذلك كمية المادة العضوية.

جدول ٤: يوضح توزيع الكائنات الحية الدقيقة فى الأفاق المختلفة بقطاع التربة:

عدد الميكروبات / جرام تربة 10^3 X					
طحالب	**فطريات**	**أكتينوميسيتات**	**بكتريا لاهوائية**	**بكتريا هوائية**	**العمق(سم)**
25	119	2080	1950	7800	**3 – 8**
5	50	245	379	1800	**20 – 25**
0.5	14	49	98	472	**35 – 40**
0.1	6	5	1	10	**65 – 75**
--	3	--	0.4	1	**135 - 145**

جدول ٥: يبين توزيع الفطريات فى قطاعات التربة الممثلة لنوعين من الأراضى:

عدد الفطريات / جرام تربة 10^3 X			
أرض مراعى	**حقل منزرع**	**الأفق**	**العمق**
19	35	A	0 – 7
12	30	A	7 – 14
13	3	A	14 – 28
6	2	A	33 – 52

4	1	B	52 – 68
9	0	B	68 - 84

١١- العمليات الزراعية:

العمليات الزراعية لها دور كبير فى التأثير على محتوى الأرض من الميكروبات وما تقوم به من نشاط. فمثلاً زراعة الأرض يؤدى لزيادة الميكروبات حيث أن النشاط البيولوجى فى الأرض المنزرعة معدله أفضل نوعاً وكماً عن الأرض الغير منزرعة.

جدول ٦: يبين إختلاف الأعداد الميكروبية بإختلاف حالة الأرض :

المنطقة	حالتها	العدد الكلى للميكروبات / جرام تربة 10^3 X
غابات صنوبرية	بكر	2140
	منزرعة	4850
سهول خضراء خالية من الأشجار	بكر	3630
	منزرعة	4530
السهول الصحراوية	بكر	4490
	منزرعة	7380

عمليات إعداد التربة الزراعية وعمليات الخدمة مثل الحرث والعزق لها تأثير واضح على نشاط الأحياء الدقيقة لما لها من تأثيرات على التهوية وبناء التربة. الدورة الزراعية وتعاقب المحاصيل لها تأثير كبير على ميكروبات التربة لإختلاف إفرازات النباتات المختلفة من جذورها فى تركيبها الكيميائى وبذلك تختلف نوعية الميكروبات تحت المحاصيل المختلفة. التسميد بالأسمدة العضوية يمد الميكروبات بالغذاء اللازم ومصادر الطاقة اللازمة لنموها ونشاطها ويساعد فى تحسين بناء التربة وخواصها الطبيعية والكيميائية والأسمدة المعدنية أيضاً تساعد على رفع مستوى العناصر الرئيسية فى التربة. معاملة التربة الحامضية بالجير ومعاملة التربة القلوية بالجبس والكبريت وإزالة ملوحة التربة الملحية يحسن من نمو ونشاط الأحياء.

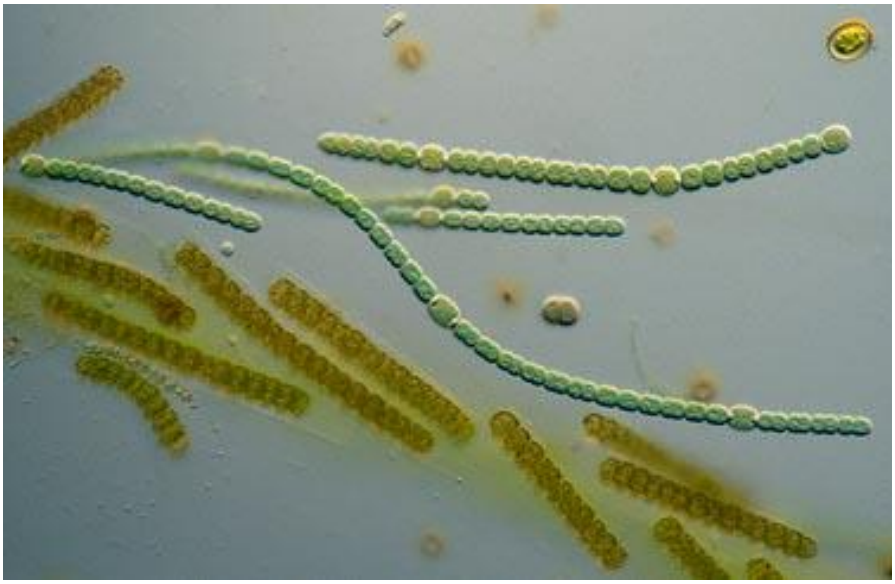
الصرف يعتبر أحد العوامل الهامة التى تساعد على تهوية التربة والتخلص من الأملاح الضارة بها مما يساعد على زيادة نشاط الأحياء.

تأثير إضافة المخصبات المعدنية أو العضوية:

تؤثر هذه الإضافة في أعداد أحياء التربة وتوزعها وتنوعها كما أن التسميد العضوي بحد ذاته يضيف أعداداً جديدة من الأحياء إلى التربة، كما يؤثر استعمال المبيدات الحشرية أو العشبية أو الفطرية أو المعقمات الكيماوية تأثيراً سلبياً وبدرجات متفاوتة في أحياء التربة، إضافة إلى تأثير إفرازات جذور النباتات المختلفة تبعاً لمراحل نموها وكذلك طبيعة الخدمات الزراعية للتربة التي تساعد علي زيادة عدد الميكروبات في المنطقة المحيطة بالجذر Rhizosphere.

ومن أهم الميكروبات الموجودة فى التربة ما يلى:-

١- البكتريا Bacteria



تحتل البكتريا كمجموعة رئيسية من كائنات التربة مكاناً بارزاً فهى أكثر المجموعات تواجداً فى التربة (وخاصة فالأرضى المتعادلة أو المائلة للقلوية مثل الأراضى المصرية) وتتفوق فى أعدادها عن باقى المجاميع الأخرى مجتمعة. والبكتريا كائنات وحيدة الخلية ويحتوى جرام الأرض الواحد من الطبقة السطحية الخصبة على ما يزيد عن $١٠^{٩}$ خلية من البكتريا/ جرام تربة جافة (تختلف أعداد البكتريا فى الأرض الواحدة حسب طريقة القياس فطريقة الميكروسكوب غير دقيقة وتعطى أعداد كبيرة لعدها الحى والميت أما الطريقة المزرعية

وطرقها لا تعطى أكثر من ١٠% من الميكروبات بالتربة وذلك راجع لصعوبة وجود بيئة تحتوى على جميع العناصر والإحتياجات الغذائية التى تحتاجها الانواع المختلفة فى التربة. كما أن ظروف التحضين لا تعطى أنسب الظروف لجميع أنواع الميكروبات بالتربة. كما أن كل مستعمرة بكتيرية فى أطباق العد نعتبرها ناتجة من خلية واحدة ولكن هذا غير صحيح فقد تنتج من سلسلة من الخلايا أو كتلة من الخلايا حسب ظروف وجود الميكروبات فى معلق الأرض).

وأكثر بكتريا الأرض شيوعآ هى البكتريا العصوية التى يصل قطرها ١ ميكرون ويتراوح طولها ما بين ٣ - ٥ ميكرون ويصل وزن البكتريا الحية ٨٤٠ كيلو جرام للفدان ومن ناحية أخرى أوضحت الدراسات أن البكتريا العصوية السالبة لجرام والمحبة للحرارة المعتدلة والغير ذاتية التغذية والهوائية أكثر وجودآ بالتربة. ومن أجناس البكتريا السائدة يوجد جنس *Bacillus* نسبته ٥ – ٢٠% من الميكروبات الكلية ويكثر بالمناطق المرتفعة الحرارة فيصل لـ ٤٠% وذلك كما فى مصر وخاصة الصيف وكذلك جنس *Arthobacteria* وجنس *Pseudomonas* وأعداد غير قليلة من *Micrococcus, Mycobacterium, Clostridium*.

وتقسم البكتريا على أساس مساهمتها فى تحويل العناصر الموجودة فى الأرض وتحويلها إلى صورة ميسرة لإستخدام النبات إلى:-

١- بكتريا مثبتة للأزوت الجوى.
٢- بكتريا التأزت.
٣- بكتريا محللة للسيليلوز.
٤- بكتريا محللة للبروتين.
٥- بكتريا تؤكسد الكبريت.
٦- بكتريا الحديد.

كذلك يمكن وضع أنواع بكتريا التربة فى قسمين رئيسين:

١) يضم الأنواع المتأصلة فى التربة او المتوطنة فى التربة Indigenous : وهذا النوع يستوطن التربة بصفة طبيعية ودائمة حيث تتكاثر فيها وتساهم بفاعلية كبيرة فى النشاطات الكيميائية الحيوية بها وهى تتميز بمقدرتها على تحمل ومقاومة الظروف غير الملائمة حيث يمكن أن تظل ساكنة دون نشاط لفترات زمنية طويلة.

٢) يضم الأنواع الدخيلة أو المنقولة للتربة Transient organisms : وهذا النوع يضم البكتريا التى تصل إلى التربة مع مياه الأمطار أو عن طريق دخول الأنسجة النباتية المريضة أو مخلفات الإنسان والحيوان إلى التربة وهذه الأنواع تظل حية لفترة من الوقت إما فى حالة سكون أو تنمو

لفترات قصيرة ولكنها لا تشارك بطريقة فعالة فى عمليات تحول العناصر فى التربة كما لا تشارك فى أى نوع من العلاقات ذات الأثر المتبادل مع غيرها من كائنات التربة الدقيقة.

أو قد تقسم البكتريا أيضآ على حسب مصدر الطاقة والكربون إلى:

١- ذاتية التغذية Autotrophic :

تحصل على الطاقة من ضوء الشمس أو من أكسدة مركبات معدنية وعلى الكربون من ثانى أكسيد الكربون وتقسم إلى:

أ)بكتريا ذاتية التغذية الضوئية Photosynthetic autotrophic :

وتحصل على الطاقة من ضوء الشمس والكربون من ثانى أكسيد الكربون ومن أمثلة ذلك بكتريا الكبريت الأرجوانية وبكتريا الكبريت الخضراء وهى بكتريا لا هوائية لها قدرة على أكسدة كبريتوز الهيدروجين إلى كبريت يرسب داخل أو خارج الخلية .

ب) بكتريا ذاتية التغذية الكيميائية Chemoautotrophic :

وتحصل على الطاقة من أكسدة المواد المعدنية والكربون من ثانى أكسيد الكربون ومن أمثلتها بكتريا التأزت (*Nitrosomonas , Nitrobacter*) وبكتريا أكسدة الكبريت (*Thiobacillus*) وبكتريا أكسدة الحديد.

٢- غير ذاتية التغذية Heterotrophic:

وتحصل على الطاقة من أكسدة المواد العضوية وإحتياجاتها من الكربون أيضآ من المواد العضوية لذا فوجود المادة العضوية فى التربة يعتبر من العوامل الهامة لنمو هذه الأنواع من البكتريا ومن أمثلتها البكتريا المحللة للسكريات والبروتينات والدهون الموجودة فى البقايا النباتية والحيوانية ومن أمثلة ذلك الأجناس *Pseudomonas , Sarcina , Micrococcus , Clostridium , Bacillus , Corynebacterium*.

تتعدد أشكال البكتريا فى الأرض ومنها العصوية Bacilli والكروية Cocci والواوية vibrio واللولبية Spirilla وهى تبدو كحرف S . وتتكاثر البكتريا عندما تبلغ الخلية أقصى حجم لها فتنشطر إلى إثنين ويسمى ذلك بالإنقسام الثنائى وقد تعجز الخلية الوليدة عن الإنفصال فتنمو على هيئة تجمعات أو سلاسل.

تعيش البكتريا فى مستعمرات حول الحبيبات الأرضية أو عليها حينما يتوافر الغذاء والظروف البيئية الملائمة ويعمل المخلوط الغروى للمادة العضوية والمعدنية فى الأرض كبيئة نموذجية

لنموها وكذلك حول الشعيرات الجذرية وسطوح الجذور. وقد تكبر معظم المستعمرات وتموت فى مكانها الأصلى تقريباً لذا يحدث تذبذب مستمر وسريع من تكاثر وتضاعف إلى موت بالجوع غالباً ولكثير من البكتريا قدرة على إنتاج الجراثيم أو ما يشابها من الأجسام المقاومة وبذلك يكون لها كل من الدورين الخضرى والساكن وهذا أمر هام لأنه لا يمكن لهذه الكائنات الحية أن تبقى حية فى الظروف غير المواتية.

وتؤثر كثير من ظروف الأرض فى نمو البكتريا ويعتبر الأكسجين والرطوبة ودرجة الحرارة وطبيعة مادة الأرض العضوية وكميته اونوع النبات النامى وكذلك رقم ال pH ومقدار الكالسيوم المتبادل من أكثر الظروف أهمية:-

١- فمعظم بكتريا الأرض تحتاج إلى أكسجين هواء الأرض وهذه تصنف هوائية وتستطيع بعض البكتريا الهوائية أن تتأقلم بحيث تعيش فى كل من وجود أو غياب الأكسجين وهذه تصنف لا هوائية إختيارياً كما توجد بعض البكتريا لا تستطيع المعيشة فى وجود الأكسجين وتسمى بالبكتريا اللاهوائية.

٢- أنسب مستوى من الرطوبة (٦٠ – ٨٠% من قدرة الأرض على الإحتفاظ بالماء) يلائم النباتات أيضاً يلائم أغلب أنواع البكتريا وبعض البكتريا قادرة تماماً على مقاومة الجفاف فقد أستطاع بعضها أن يبقى فى أرض جافة لعدة سنوات.

٣- درجة الحرارة عامة الملائمة لنمو النباتات الراقية يلائم أغلب أنواع البكتريا، فدرجة حرارة الأرض ما بين ١٥ – ٤٥ °م تناسب نمو البكتريا وأن كانت النهايات القصوى للحرارة فى الأرض لا تقتل البكتريا.

٤- إرتفاع نسبة الكالسيوم المتبادل وال pH ما بين ٦ – ٨ يلائمان أغلب أنواع البكتريا.

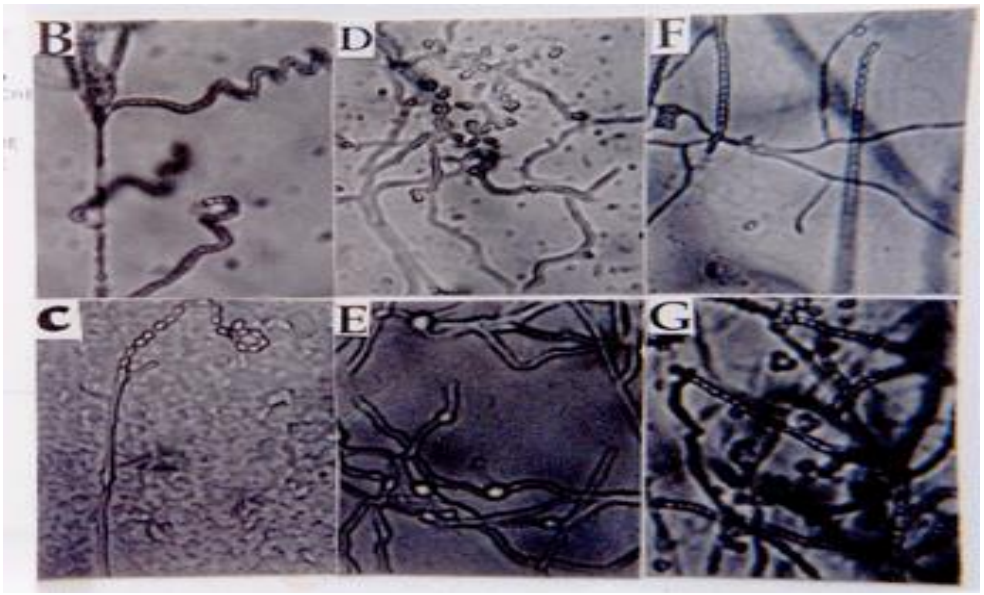
٥- تختلف أعداد البكتريا الموجودة حول جذور النباتات بإختلاف نوع النبات النامى وما تفرزه جذوره من مواد مخلبية وأحماض عضوية وإنزيمات.

٦- المادة العضوية يعمل كمصدر للطاقة والكربون لغالبية البكتريا السائدة فى الأرض.

البكتريا عموماً تسهم بدور فعال فى التحولات العضوية الحيوية الضرورية التى تجعل الأرض صالحة لنمو النباتات الراقية وتحتكر البكتريا ثلاث عمليات هامة هى التأزت وأكسدة الكبريت وتثبيت النيتروجين الجوى وهى إن توقفت لتلاشت حياة النباتات الراقية، من هنا نلاحظ أن البكتريا وهى أبسط المخلوقات وأكثرها عدداً كثيرة الأهمية. وهناك من البكتريا ما يسكن الأرض أيضاً ويسبب الأمراض للإنسان مثل بكتريا الريكتسيا Rickettsiae وهى أصغر أنواع البكتريا

وهى كروية ويبلغ قطرها ٠.٢ ميكرون وتسبب مرض التيفوس وحمى الخنادق التى أصيب بها الجنود الأمريكيون فى حرب الخليج.

٢- الأكتينوميسيتات Actinomycetates



هى مجموعة من الكائنات الحية تتداخل حدودها مع كل من المجموعة الاكثر بدائية (البكتريا) والمجموعة الأكثر تطوراً الفطريات وهذه الكائنات تكون خيوطاً رفيعة متفرعة تتحول إلى ما يعرف بالميسيليوم mycelium وتسمى هذه الخيوط المفردة بالهيفا hyphae وهى مورفولوجياً تشبه خيوط الفطر ولكنها تختلف عنها فى السمك فتتراوح أقطارها ما بين ٠.٥ – ١ ميكرون أى تماثل أبعاد الخلية البكتيرية، وكثير من أكتينوميسيتات الأرض تكون جراثيم لا جنسية سواء مفردة أو فى أزواج أو فى سلاسل وتعرف بالكونيديات Conidia، والقليل من أنواعها يحمل هذه الجراثيم داخل أجسام خاصة تعرف بالأكياس الجرثومية. وقد أكتشفت قدرة كثير من إفرازاتها على إنتاج المضادات الحيوية ذات أهمية كبيرة فى علاج الأمراض.

تتشابه الأكتينوميسيتات مع الفطريات فى الصفات التالية:

١- الأكتينوميسيتات الراقية تتميز بخاصية التفرع الكثير التى تميز الفطريات.

٢- كثير من الأكتينوميسيتات تكون ميسيليوم هوائى وكونيديات تماماً كما هو الحال فى الفطر لذا كانت تسمى بالفطريات الشعاعية Ray fungi وهذا مثل الإستربتوميسين والأجناس المشابهة.

٣- عند نمو الأكتينوميسيتات فى المنابت الغذائية السائلة فإنه نادرآ ما تتكون عكارة فى المزرعة كما يحدث فى حالة البكتريا وحيدة الخلية ولكنها تظل على حالة كتل متجمعة أو كرويات صغيرة مميزة.

لكن التقسيم الحديث يضمها إلى البكتريا وذلك للأسباب التالية:

١- تتشابه الأكتينوميسيتات مع البكتريا فى الخصائص المورفولوجية (قطر الهيفا مساو تقريباً لقطر خلية البكتريا وكذلك لا تحتوى على ميتوكوندريا) والفسيولوجية وتفاعلها مع الصبغات.

٢- تركيب الجدار الخلوى المكون من معقدات من السكريات والسكريات الأمينية والأحماض الأمينية والتى تشبه الجدر الخلوية للبكتريا الموجبة لجرام وكذلك تركيبها لا يوجد به سيليلوز أو كيتين كما بالفطريات.

٣- حساسيتها للفيروسات (الأكتينوفاج) وللمضادات الحيوية حيث أن المضادات الحيوية الفعالة والمؤثرة على البكتريا تعتبر كذلك بالنسبة للأكتينوميسيتات أيضآ فى حين أفراد قليلة من الفطريات تعتبر حساسة للمضادات الحيوية..

٤- حساسيتها للحموضة المنخفضة.

٥- إحتوائها على أنوية غير حقيقية Prokaryotic حيث أن النواه منتشرة فى السيليلوز مثل البكتريا بينما فى الفطريات محددة ومعروفة.

٦- تشابه الأحماض النووية من النوع دى أوكسى ريبونيوكليك أسيد فى تركيبه الكيميائى مع نظيره فى البكتريا.

٧- تحمل الأكتينوميسيتات أسواطآ تشبه الأسواط فى البكتريا الحقيقية حيث أن تركيب الفلاجات إن وجدت مشابه لفلاجات البكتريا.

٨- بعض أنواعها تكون جراثيم داخلية مقاومة للحرارة مثل البكتريا.

٩- بعض أنواعها لها القدرة على تثبيت النيتروجين الجوى تكافلياً مع جذور نباتات غير بقولية مثل ال *Frankia* .

توجد الأكتينوميسيتات بأعداد وفيرة فى الأرض والأسمدة العضوية والوحل وقاع البحيرات وتنتشر الأكتينوميسيتات فى الطبقة السطحية من الأرض كما توجد فى الأفاق السفلية حتى أعماق بعيدة وهى تلى البكتريا من حيث وفرة الأعداد فى الأرض وعمومآ تتراوح أعداد الأكتينوميسيتات ما بين $١٠^{٥}$ – $١٠^{٨}$ فى جرام الارض.

معظم الأكتينوميسيتات من الأنواع المحبة للحرارة المتوسطة فتقع درجة الحرارة المثلى لها فى المدى ما بين ٢٥ – ٣٠ °م كما توجد أنواع محبة للحرارة العالية تنمو فى النطاق الحرارى ما بين ٥٥ – ٦٥ °م وهى لا يمكنها التكاثر فى درجات الحرارة الأقل وهى تنتشر فى الأسمدة العضوية الحيوانية والقش الساخن المتخمر وأكوام السماد العضوى الساخن حيث يمكن أن يصل أعدادها إلى ١٠ ^{١٠} فى الجرام عندما تصل درجة الحرارة إلى ٥٠ – ٦٥ °م.

ومن حيث توزيع الأكتينوميسيتات فهناك بعض النقاط يمكن ذكرها بصفة عامة:

١- تقل أعدادها فى أراضى المناطق الرطبة عن أراضى المناطق الجافة.

٢- أعدادها فى الأراضى العشبية وأراضى المراعى أكثر من الأراضى الزراعية.

١- أعدادها فى الأراضى المنزرعة أكثر من الأراضى البكر المجاورة.

والعوامل البيئية الأساسية التى تؤثر على نشاط الأكتينوميسيتات:-

١- أعداد الأكتينوميسيتات فى الأراضى الغنية بالمادة العضوية أعلى منها فى الأماكن الفقيرة فى مادتها العضوية ولإضافة مخلفات المحاصيل والأسمدة العضوية الحيوانية يزيد من أعداد الأكتينوميسيتات فى الأرض.

٢- الأكتينوميسيتات لا تتحمل إنخفاض الـ pH وتزداد أعدادها بزيادة رقم الـ pH وتعمل الإضافات المتتالية من الأسمدة النشادرية إلى الأرض على تثبيط الأكتينوميسيتات وذلك لتأزتها وتحولها إلى حمض نيتريك يخفض رقم التفاعل الهيدروجينى.

٣- زيادة الرطوبة لدرجة التشبع (٨٥ – ١٠٠% من قدرة الأرض على الإحتفاظ بالماء) يقلل أعداد الأكتينوميسيتات لأنها ميكروبات هوائية ولكن الجفاف لا يؤثر على أعداد الأكتينوميسيتات بعكس البكتريا.

٤- درجة الحرارة المثلى للأكتينوميسيتات تتراوح ما بين ٢٨ إلى ٣٧ °م وهى تنمو ببطء عند درجة حرارة أقل من ٥ °م وبعضها ينمو فى حرارة تتراوح ما بين ٥٥ – ٦٥ °م فى كومات السماد.

٥- تزداد أعداد الأكتينوميسيتات خلال فصل الربيع والخريف والزيادة فى فصل الخريف عادة ما تكون ناتجة عن وصول المادة العضوية إلى الأرض أما فى فصل الربيع فتكون راجعة للعوامل المناخية من رطوبة وحرارة ملائمة للنمو.

٦- تتركز الأكتينوميسيتات فى الطبقة السطحية من قطاع التربة وتقل أعدادها بزيادة العمق.

ومعدل التكاثر فى الأكتينوميسيتات أقل من مثيله فى البكتريا والفطريات مما يفقدها القدرة على التنافس بطريقة فعالة فعندما تتوافر العناصر الغذائية ويزداد التنافس بين الكائنات الدقيقة فإن الأكتنوميسيتات لا تشكل جزءآ بارزآ من مجموع أحياء الأرض وهذه القدرة الضعيفة على التنافس يمكن أن تفسر قلة وجود الأكتينوميسيتات خلال المراحل الأولى من تحلل المخلفات النباتية ولكن عندما يتناقص الغذاء وتقل حدة المنافسة يصبح للأكتينوميسيتات وجودآ بارزآ.

أهم التحولات البيولوجية التى تحدثها الأكتينوميسيتات فى الأرض:

١- تحليل بعض مكونات الأنسجة النباتية والحيوانية المقاومة للتحلل وتشير ظاهرة عدم إستجابة الأكتينوميسيتات لإضافة المواد الكربوهيدراتية الطبيعية إلا بعد مضى عدة أسابيع، إلى أنها تفتقر إلى القدرة على التنافس مع البكتريا والفطريات خلال فترة وجود المواد الكربوهيدراتية البسيطة، ولكنها تصبح ذات قدرة فعالة فى التنافس عندما لا يتبقى فى التربة إلا المركبات المقاومة للتحلل.

٢- تكوين دبال الأرض عن طريق تحويل مخلفات النبات والأوراق المتساقطة إلى مركبات مماثلة للجزء العضوى الأصلى فى الأرض. وتظهر رائحة الأرض الخصبة المروية تسمى رائحة الأرض نتيجة لإفراز بعض السلالات لمركبات أيزوبيوتايل و H_2S.

٣- القيام بالتحولات الحيوية فى درجات الحرارة المرتفعة خصوصآ عند تحليل الأسمدة الخضراء وأكوام السماد العضوى والأسمدة العضوية الحيوانية حيث يسود الأكتينوميسيتات المحبة للحرارة العالية وتغطى أسطح الكومات بلون أبيض أو رمادى.

٤- تسبب أنواعآ من الأمراض الكامنة فى الأرض مثل جرب البطاطس وجدرى البطاطا.

٥- بعض الأكتينوميسيتات تسبب أمراض للإنسان والحيوان.

٦- تجمع حبيبات التربة بواسطة هيفاتها مما يزيد من تحسين تهويتها وتجدر الإشارة هنا أنه عند إضافة بعض المواد مثل الكيتين إلى التربة الذى يشجع تكوين الهيفات فى الأكتينوميسيتات يؤدى فى بعض الأحيان إلى تثبيط الفطريات التى تسبب أمراض للنباتات الراقية.

٧- إعطاء الأرض رائحة خاصة نتيجة إفراز مركب Geosmin.

٨- يكون جنس *Frankia* عقد جذرية للنباتات غير البقولية تثبت النيتروجين الجوى فيزيد من خصوبة التربة.

٩- تلعب الأكتينوميسيتات دوراً هاماً فى مجال التضاد الميكروبى وتوازن فصائل الكائنات الحية الدقيقة فى التربة حيث تقوم بإفراز المضادات الحيوية أو الإنزيمات الخارجية المحللة لخلايا البكتريا والفطريات.

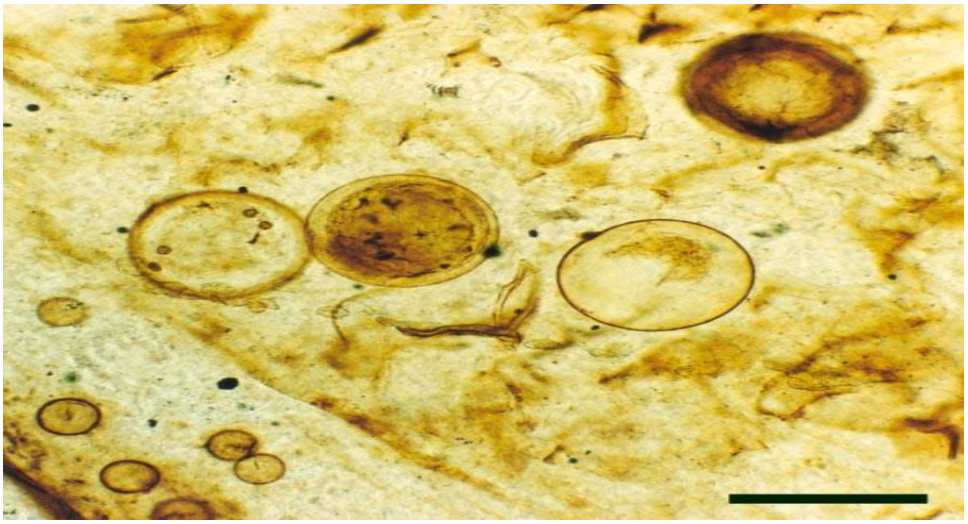
أسباب عدم ظهور إفرازات المضادات الحيوية فى التربة بصورة كبيرة:

١- المضادات الحيوية المنتجة بأحد أجناس الأكتينوميسيتات (الإستربتوميسين وهو أكثر أجناس الأكتينوميسيتات إنتشاراً فى التربة ويتميز بقدرته على تحليل المواد المعقدة ولها دور فى عمليات المعدنة وكذلك التوازن الميكروبى فى التربة من خلال القدرة العالية لعديد من أنواعه [٣٤٠ نوع و٣٩ تحت نوع] على إفراز المضادات الحيوية) موجب الشحنة ينجذب لسطح الحبيبات بالتربة ويدمص عليها، والمضادات الحيوية المتعادلة أو السالبة الشحنة يكون حر فى التربة فى المحلول الأرضى ولكن تأثيرهم ضعيف للسببين التاليين.

٢- الأرض كبيئة فقيرة فى المادة العضوية ولذلك إنتاج المضاد الحيوى بها قليل وتأثيره غير واضح.

٣- أغلب المضادات الحيوية تتعرض للإنحلال بواسطة أنواع كثيرة من البكتريا التى يمكنها تحليلها لمركباتها الأساسية.

٣- الفطريات Fungi



لا تكون الفطريات الجزء الأكبر من محتوى كائنات التربة الحية إلا إن الفطريات تكون الجزء الأكبر من الكتلة الحية فى الأرض، ويرجع القلة النسبية لعددها وفى نفس الوقت تمثيلها لجزء كبير من الكتلة الحية إلى غزارة نموها على صورة هيفات سميكة ومتشابكة تتشابك مع بعضها

مكونة ما يعرف بالميسيليوم، والميسيليوم إما أن يقسم بجدر عرضية و إما يبقى بدون تقسيم. والهيفات إما أن تكون خضرية أو خصبة (تحتوى جراثيم)، والكونيديات أو الجراثيم اللاجنسية وفيرة ومنتشرة فى الطبيعة. وتتراوح أعداد الفطريات ما بين ٢٠.٠٠٠ إلى مليون لكل جرام أرض ويبلغ مجموع أطوال هيفات الميسيليوم الموجودة فى جرام من الأرض بحوالى ١٠ – ١٠٠ متر، ومن ذلك يتضح أن هيفات الفطر تمثل جزءآ هامآ من الكتلة الحية بالأرض، كما يبلغ وزن الفطريات ٢١٠ كجم/للفدان، وللميسيليوم إرتباط وثيق بحبيبات الأرض، فغالبآ ما تلتصق هيفات الفطر فيزيقيآ بحبيبات الأرض وقد تتخلل تجمعاتها، ويظهر أن بعض أنواع الفطريات تنمو على أو فى جزيئات البقايا العضوية، كما يرتبط الكثير منها بحبيبات التربة المعدنية.

العوامل البيئية المؤثرة على أعداد ونشاط الفطريات:

١- نظرآ لأن الفطريات كائنات غير ذاتية التغذية فأعدادها تزداد بإزدياد نسبة المادة العضوية ولو أن بعض الفطريات تتواجد وتلعب دورآ هامآ فى بعض المناطق الفقيرة فى المادة العضوية.

٢- تنمو الفطريات فى نطاق واسع من ال pH يتراوح ما بين ٢ – ٩ ولكنها تسود فى البيئة الحامضية ولا يرجع ذلك إلى أن الحموضة تمثل الظروف المثالية لنمو الفطر وأنما يرجع لعدم تنافس البكتريا والأكتينوميسيتات على المواد الغذائية لأن البكتريا والأكتينوميسيتات تحتاج لنطاق ضيق من ال pH وتكون حساسة للحموضة مما يوفر الظروف الملائمة لنمو الفطر.

٣- إضافة الأسمدة المعدنية للأرض يؤثر على عدد الفطريات، فإضافة أملاح الأمونيوم تسبب زيادة أعداد الفطر نتيجة تكون حامض النيتريك من اكسدة أملاح الأمونيوم حيويآ وتكرار إضافة هذا السماد الأمونيومى سنويآ يعمل على تشجيع الفطريات والحد من أعداد البكتريا والأكتينوميسيتات.

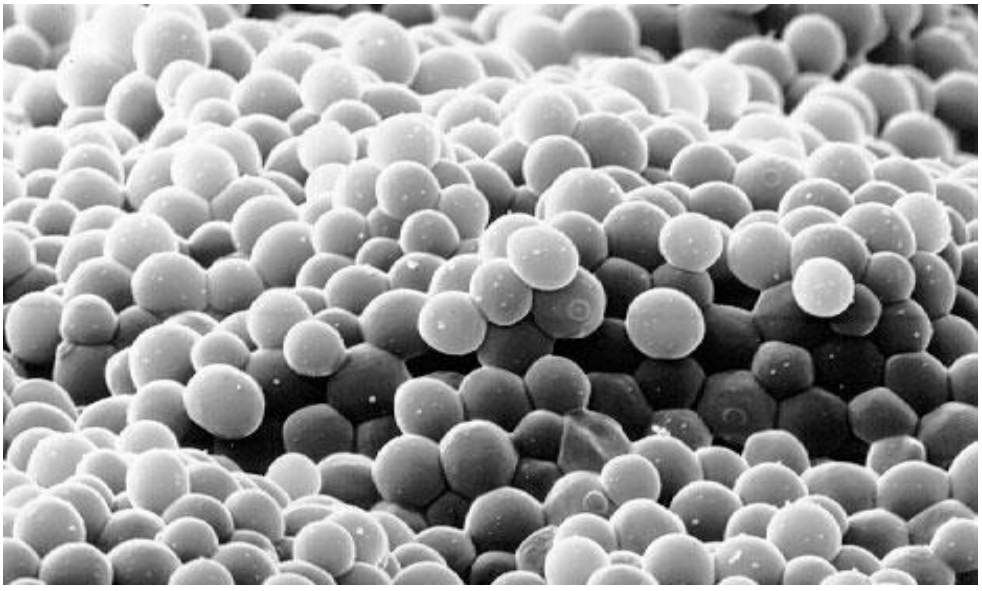
٤- الفطريات مثلها مثل سائر الكائنات الحية فالإنخفاض الملحوظ فى الرطوبة يترتب عليه نقص فى أعداد ونشاط الفطريات وتحسن مستوى الرطوبة يؤدى إلى زيادة فى أعدادها تتناسب مع كمية الرطوبة ومع هذا فهناك فطريات يمكنها أن تقاوم وتظل نشطة فى الظروف شبه الجافة. عمومآ الفطريات أكثر تحمل للجفاف عن البكتريا والرطوبة العالية تؤثر على نمو الفطريات لما لها من تأثير عكسى على التهوية حيث أن الفطريات كائنات هوائية.

٥- الفطريات كائنات هوائية لذا تتمركز فى الطبقة السطحية من الارض وتغيب فى الطبقات العميقة بالأرض العضوية من أصل نباتى وبأرض المستنقعات ، وبالمثل فى الأراضى المعدنية الغدقة تقل أعداد الفطريات لدرجة يكاد أن يكون نشاطها الحيوى متوقفآ وبعض الفطريات يمكنها

مقاومة الظروف غير الملائمة بتكوينها جراثيم مقاومة وبمجرد تحسن الظروف تستعيد الفطريات نشاطها.

٦- معظم الفطريات محبة للحرارة المتوسطة ومن النادر أن تنمو على درجة الحرارة العالية إلا أنه قليل من السلالات المحبة للحرارة العالية (٥٠ – ٥٥ °م) ولكن لا توجد فى الأسمدة العضوية التى تصل درجة حرارتها ٦٥ °م.

الخمائر Yeasts :



من الفطريات التى توجد على صورة خلايا مفردة تتكاثر بالتبرعم أو الإنقسام الثنائى وهناك مجموعتين كبيرتين من الخمائر الأول تشمل الأنواع التى تنتج جراثيم أسكية بينما الثانية لا تكون أفرادها مثل هذه الجراثيم الجنسية (من الفطريات الناقصة)، وبعض أنواع الخمائر تتحمل تركيزات عالية من السكريات وتتميز بكفاءة عالية فى تخمير الكربوهيدرات ولكنها تعد من الكائنات الغريبة على الأرض حيث توجد فى أحوال نادرة ، وفى بعض الأحيان توجد بأعداد غزيرة على جذور بعض النباتات.

ولم يوجه إهتمام كبير إلى الخمائرالموجودة بالتربة لأن دورها فى تحولات العناصر بالتربة غير محدد تماماً. ولكن حديثاً وجد أن الخمائر المعزولة لها القدرة على تحليل الكازين وإنتاج الأمونيا (عملية النشدرة) وتحليل النشا وإنتاج أحماض عضوية ولكن ليس لها القدرة على تحليل السيليلوز أو البكتين أو تثبيت الأزوت.

الميكوريزا Mycorrhizae:

فطر يتكافل مع النباتات الراقية حيث يقوم النبات بتقديم الكربوهيدرات والأحماض الأمينية والفيتامينات للفطر ويقوم الفطر بإمداد النبات بالفوسفور خاصة فى الأراضى الفقيرة فى الفوسفور. وهذا الفطر لا يوجد إلا على مقربة من جذور النباتات ، وهذا الفطر يصعب تنميته على بيئات صناعية خاصة الـ endomycorrhizae .

أهمية الفطريات :

١- تلعب دور هام فى تحلل السيليلوز والهيميسيليلوز والبكتين فى الأراضى.

٢- تساعد على تكوين حبيبات مجمعة تحسن من تهوية التربة.

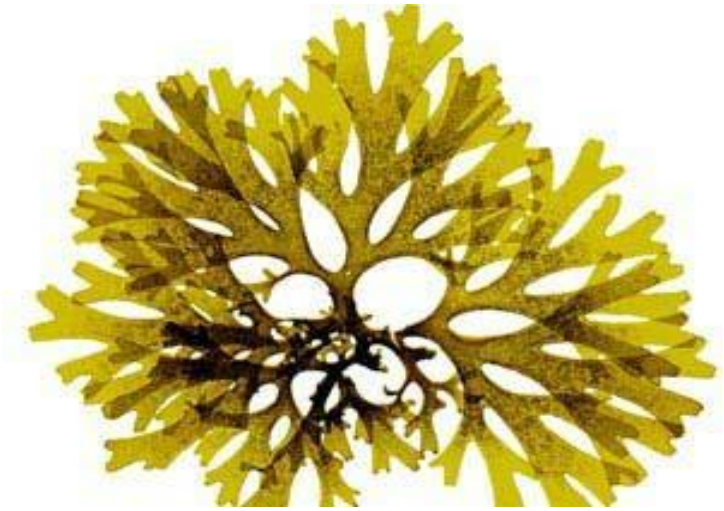
٣- تلعب دور فى معدنة النيتروجين العضوى (تحليل المواد العضوية المعقدة عموماً).

٤- لها دور رئيسى فى تكوين الدبال بالأراضى.

٥- إنتاج مواد طبية هامة مثل الـ *Penicillium* .

٦- فطر الميكوريزا يعمل على زيادة إمتصاص النبات للعناصر الغذائية خصوصاً الفوسفور تحت ظروف نقص الفوسفور.

٤- الطحالب Algae



تنتشر الطحالب فى كل الأراضى تقريباً، وأعداد هذه الكائنات لا يصل إلى الأعداد الهائلة التى توجد بها البكتريا والأكتينوميسيتات والفطريات، وتنتشر الطحالب فى الأوساط المحتوية على رطوبة عالية وضوء وفير فيمكن مشاهدة نموها بالعين المجردة على سطح الأراضى الغدقة وفى المستنقعات وكذلك قد توجد بالأراضى البكر وكذلك المنزرعة المحتوية على رطوبة عالية وتوجد على الصخور و على سوق الأشجار.

من الناحية المورفولوجية فإن الطحالب التى توجد بالأراضى إما وحيدة الخلية أو تكون فى سلاسل قصيرة وهى عموماً أصغر وأبسط تركيباً من الأنواع المائية وقد وجد أن الأراضى الزراعية تحتوى على مجموعات الطحالب الرئيسية الأتية:

١) طحالب خضراء *Chlorophyta* (green algae)

٢) الطحالب الخضراء المزرقة *Cyanophyta* (blue green algae)

٣) دياتومات *Bacillariophyta* (Diatoms)

٤) طحالب خضراء مصفرة (الذهبية) *Xanthophyta* (yellow green algae)

تتميز الطحالب بإعتمادها على التغذية الذاتية الضوئية حيث تستخدم الكلوروفيل فى الإستفادة من الضوء كمصدر للطاقة وثانى أكسيد الكربون كمصدر للكربون على أن يتوافر بالتربة الماء والنيتروجين والبوتاسيوم والفوسفور والماغنسيوم والكبريت والحديد وكميات قليلة جداً من العناصر النادرة. إلا أن هناك أنواعاً من الطحالب الخضراء والطحالب الخضراء المزرقة والدياتومات يمكنها أن تعيش معيشة غير ذاتية Heterotrophic فتحصل على الطاقة من أكسدة

المادة العضوية بدلآ من الضوء لذا تسمى ذاتية التغذية الضوئية إختياريآ حيث تمثل النشا والسكروز والجلوكوز والجلسرين وحامض الستريك ولكنها سرعان ما تعود لعملية التمثيل الضوئى إذا ما نقلت إلى منبت يحتوى على مواد غذائية معدنية وحضنت فى الضوء وذلك مهما طالت معيشتها فى الظلام.

ومجتمع الطحالب يميل للتمركز عند سطح الأرض وفى الطبقة التى تليها مباشرة حتى يمكنها إستخدام أشعة الشمس وهى أيضآ موجودة على أعماق تتراوح ما بين ٥٠ – ١٠٠ سم تحت سطح الأرض وهذه الأنواع المتعمقة ذاتية التغذية الضوئية إختياريآ أى تحصل على طاقتها من أكسدة المواد العضوية وعلى الكربون من ثانى أكسيد الكربون وذلك لعدم توافر الضوء اللازم لعملية التمثيل الضوئى. وتتراوح أعداد الطحالب ما بين ١٠٠ – ٥٠٠.٠٠٠ خلية لكل جرام بمتوسط لا يتجاوز ١٠.٠٠٠ خلية لكل جرام وقد أوضحت الدراسات وفرة الطحالب الخضراء والدياتومات والطحالب الخضراء المزرقة فى الأراضى ويليها الطحالب الخضراء المصفرة فى الإنتشار فى الأرض. والطحالب الخضراء تسود فى المناطق المعتدلة يليها الدياتومات بينما تكون الطحالب الخضراء المزرقة هى أقل هذه الكائنات إنتشارآ.

وتتميز الطحالب الخضراء بإحتوائها على البلاستيدات الخضراء التى تكسب هذه الكائنات اللون الأخضر المماثل للون الحشائش، وبجانب الكلوروفيل تحتوى على صبغات الزانثوفيل والكاروتين، وأفراد هذه الطحالب الموجودة فى التربة غالبآ ما تكون وحيدة الخلية وقد توجد بعض الأنواع الخيطية وتعتبر هذه المجموعة واسعة الإنتشار فتسود فى الأراضى الحامضية كما توجد بأعداد وافرة فى الأوساط المتعادلة والقلوية.

وديباتومات التربة (هى كائنات وحيدة الخلية أو توجد فى مستعمرات وهى محاطة بطبقة خارجية من السليكا) أصغر حجمآ من مثيلاتها المائية ويبدو أن ظروف التربة هى التى تشجع نمو أنواع الطحالب صغيرة الحجم لأن الحجم الصغير يتميز بقدرته على إمتصاص قدر كبير من الماء والأملاح وذلك لكبر نسبة سطح الخلايا إلى حجمها. ويقل وجود الدياتومات فى الأراضى الحامضية وتزدهر بصفة خاصة عند درجات ال pH المتعادلة أو المائلة للقلوية.

وتتميز الطحالب الخضراء المزرقة بإحتوائها على الصبغات منتشرة فى سيتوبلازم الخلية وليست داخل البلاستيدات (حوامل الصبغات)، كما أنها تتشابه مع البكتريا فى عدم وجود غشاء يحيط بالنواه (تعتبر أكبر وأكثر المجموعات إنتشارآ للبروكاريوتا الممثلة للضوء [بدائية النواه أى ليس للنواه غشاء محدد] وتعتبر حلقة الوصل بين البكتريا والنباتات الخضراء وللتشابه بينها وبين البكتريا فإنها تصنف جنبآ إلى جنب مع البكتريا وبعض الميكروبيولوجيين يفضلون إطلاق إسم

بكتريا على الطحالب الخضراء المزرقة)، وبعض الأجناس وحيدة الخلية تنمو مفردة أو فى تجمعات وقد يكون البعض خيطياً كما فى *Anabaena* ، وينشأ اللون المميز لهذه المجموعة من وجود صبغة زرقاء تعرف ب Phycocyanin بالأضافة إلى صبغات الكلوروفيل والكاروتينات وهى تفضل ال pH المتعادل والمائل للقلوية ومن أمثلتها *Nostoc* وهى الاكثر إنتشاراً فى التربة.

أما الطحالب الخضراء المصفرة فلا تعتبر من أجناس التربة السائدة ، وهى تشبه الطحالب فى قدرتها على التمثيل الضوئى وتشبه البروتوزوا الغير محتوية على كلوروفيل.

العوامل البيئية المؤثرة على نمو وإنتشار الطحالب:

١- تتأثر الطحالب بدرجة كبيرة بتوافر أشعة الشمس وثانى أكسيد الكربون وينعكس إحتياج الطحالب لأشعة الشمس بوضوح على التوزيع الرأسى لها فى قطاع التربة فأقصى كثافة عددية تكون على عمق ٥ – ١٠ سم وتقل الأعداد بشدة مع العمق، ومما لا شك فيه وجود بعض الطحالب على أعماق بعيدة من سطح التربة لدرجة لا يصل إليها الضوء وقد تم إنتقالها إلى الآفاق السفلى عن طريق عمليات الزراعة الميكانيكية والحفر الناتج عن ديدان الأرض وغيرها من الحيوانات بالإضافة إلى حركة المياه وبعد إنتقال هذه الكائنات إلى الطبقة السفلى فإنها تبقى فى صورة ساكنة.

٢- يتحكم ال pH فى مجتمع الطحالب فلكل نوع ال pH الأمثل له والنطاق الملائم لنمو هذه الطحالب فالنطاق الأمثل للطحالب الخضراء المزرقة بين ٧ – ١٠ أى تنمو فى الاراضى المتعادلة أو القلوية وهى عادتآ لا تنمو عند pH أقل من ٥ ،والدياتومات يقل وجودها فى الأراضى الحامضية بينما تنتشر فى الاراضى الجيرية ، وعلى النقيض من ذلك فالطحالب الخضراء لا تتأثر بإنخفاض الـ pH فهى ذات نطاق واسع من الـ pH ولها السيادة فى الأراضى الحامضية لإختفاء الأشكال الأخرى من الطحالب.

٣- تعتبر الرطوبة من أكثر العوامل البيئية المحددة لنمو الطحالب وكمية الرطوبة فى الأراضى الزراعية غير كافية لنمو الطحالب لذا فأعدادها تزيد بدرجة واضحة عند سقوط الأمطار وتنخفض أعدادها إنخفاضآ واضحآ أوقات الجفاف، والدياتومات أكثرها حساسية للجفاف بينما الطحالب الخضراء والخضراء المزرقة أقل حساسية للجفاف حيث تدخل فى دور سكون يستمر لعدة سنوات.

٤- تزدهر الطحالب فى المواسم الرطبة الباردة والتى لا يوجد الضوء فيها بكثافة عالية للغاية بينما إرتفاع شدة أشعة الشمس وإنخفاض الرطوبة والكثافة العالية للضوء يدفع الطحالب لأطوار السكون حتى تتلاءم مع الظروف.

٥- إستخدام مبيدات الحشائش على نطاق واسع يدمر قطاع عريض من أنواع الطحالب.

٦- تهاجم البكتريا والفطريات مجتمع الطحالب بإفراز إنزيمات خارجية تحلل الجدر الخلوية للطحالب وتنفرط مكونات الخلية لتحصل هذه الكائنات غير ذاتية التغذية على حاجتها من النيتروجين والفوسفور وتقاوم بعض الطحالب هذا الأثر بفعل تراكيب خاصة فى جدرها من مواد تشبه اللجنين والسكريات العديدة ، كذلك تتغذى حيوانات التربة مثل البروتوزوا والنيماتودا والحلم وديدان الأرض على الطحالب.

وكمفهوم عام لا تعتبر الطحالب من الكائنات التى تسهم بدور فعال فى التفاعلات البيوكيميائية التى تحدث فى التربة وينتج عنها خصوبة التربة ويستثنى من ذلك أراضى الأرز الغدقة **ولكن تتلخص أهمية الطحالب فى ما يلى:**

١- تقوم الطحالب بعملية التمثيل الضوئى وتحول ثانى أكسيد الكربون الجوى إلى كربون عضوى لذا فالطحالب هى المسئولة عن زيادة الكربون العضوى فى البيئة التى تعيش فيها، كما أنها تعتبر المسئولة عن تخليق الكربون العضوى لأول مرة عند نموها فى الأراضى القاحلة والمجروفة.

٢- يتم تجوية الصخور Weathering حيوياً بتكوين حامض الكربونيك من ثانى أكسيد الكربون الناتج من تنفس الطحالب أو من نواتج تحليل البكتريا والفطريات أنزيمياً للطحالب (حيث تنمو الطحالب على سطوح الصخور لتكون طبقة سميكة وهذه الطبقة بعد ذلك تعتبر مصدراً عضوياً تتكون عليه مستعمرات البكتريا والفطريات فتحللها ونواتج التحلل تعتبر من العوامل البيولوجية ذات الأثر الفعال فى عملية التجوية)، هذا بالإضافة للآشنات (إحدى صور التكافل المعيشى ما بين الطحالب والفطريات) التى تفرز بعض المركبات التى تلعب دوراً هاماً فى عمليات تجوية الصخور.

٣- تعمل النموات السطحية للطحالب على تجميع حبيبات التربة (إما عن طريق خلاياها أو المواد اللزجة التى تفرزها) فتقلل من عمليات إنجرافها فعند سقوط الأمطار على الأراضى الصحراوية تنمو الطحالب بغزارة على سطح التربة فيزيد من صلابة القشرة السطحية وتمنع إنجرافها.

٤- تعمل الطحالب على إطلاق الأوكسجين الغازى خلال قيامها بعمليات التمثيل الضوئى مما يفى بجزء من إحتياجات الجذور المغمورة لنبات الأرز.

٥- تقوم بعض أجناس الطحالب من مجموعة الطحالب الخضراء المزرقة مثل Nostoc وهى حرة المعيشة أو فى صورة تكافلية مع الفطريات فى صورة آشنات بتثبيت النيتروجين الجوى اللازم لنموها والذى ينعكس بدوره على زيادة المحتوى النيتروجينى لأراضى الأرز الغدقة التى تنمو بها هذه الطحالب وهذه الطحالب تحتوى على خلايا خاصة تسمى Heterocyst وهى خلايا دائرية تحمى إنزيم النيتروجينيز من الأكسجين .

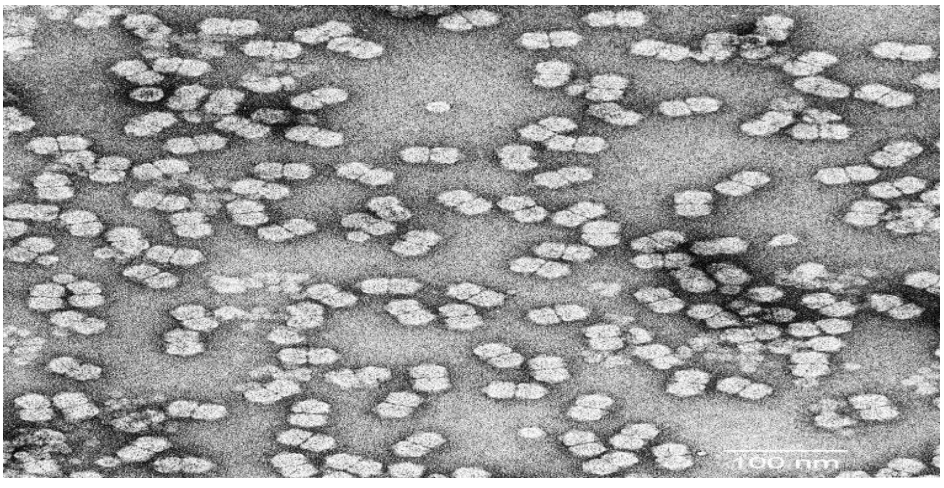
٦- تنتج الطحالب بعض نواتج التمثيل الغذائى لها ذات أثر منشط على نمو نباتات الأرز.

٧- تعمل على منع أو تقليل سرعة فقد العناصر الغذائية بالترشيح وذلك بإمتصاص هذه العناصر وعند موتها وتحللها تصبح هذه العناصر صالحة لإستعمال النباتات.

٨- توجد بعض الأبحاث التى تدل على أن وجودها ينشط أو يزيد من سرعة تثبيت الأزوت الجوى عن طريق تنشيط ومساعدة بكتريا الأزوتوباكتر Azotobacter بزيادة الأوكسجين.

ولا يفوتنا ذكر بعض الآثار الضارة للطحالب مثل تطفل بعض أنواع الطحالب الخضراء على مجموعة من النباتات وإصابة بعض النباتات بالأمراض مثل نبات الشاى وأشجار الموالح والكاكاو وجوزة الطيب، وقد تنافس الطحالب النباتات النامية على العناصر الغذائية بالتربة.

٥- الفيروسات Viruses



كائنات حية دقيقة أصغر من البكتريا بنحو ١٠ - ١٠٠ مرة وهى صغيرة الحجم لدرجة تمكنها من المرور بدون صعوبة خلال مرشحات دقيقة جداً مصممة لحجز الخلايا البكتيرية ونادراً ما

يتعدى قطر الفيروس عن ٠.٠٥ ميكرون إلى ٠.١ ميكرون ولا يتعدى الطول ٠.٢ ميكرون لذا فلا يمكن رؤيتها بالميكروسكوب العادى ولكن يستخدم الميكروسكوب الإلكترونى فى رؤيتها . وكل جزئ فيروس يحتاج لتكاثره إلى وجود عائل حى (طفيليات إجبارية) كمركز لتمثيله الغذائى وفى غياب مثل هذا العائل نادرآ ما ينشط ويتكاثر. والفيروسات إما ممرضة للنباتات أو الحيوانات أو الكائنات الحية الدقيقة والأخيرة منها ما يصيب البكتريا وتسمى بالبكتريوفاچ bacteriophage ومنها ما يصيب الأكتينوميسيتات وتسمى أكتينوفاچ Actinophage ومنها ما يصيب الفطريات والخمائر والطحالب والبروتوزوا.

البكتريوفاچ فيروسات تتطفل على البكتريا وقد سميت بهذا الإسم تمييزآ لها عن أنواع الفيروسات التى تصيب الكائنات الحية الراقية. والبكتريوفاچ يعيش متطفلآ داخل خلايا البكتريا وقد عزل كثيرآ من البكتريوفاچ من المجارى والأراضى الزراعية. وقد لوحظ أن خلايا البكتريا المصابة بالبكتريوفاچ تنتفخ أولآ ثم تنفجر وتختفى أى أن نتيجة الإصابة بالبكتريوفاچ إنحلال الخلايا البكتيرية المصابة .

كما وجود أن البكتريوفاچ فى التربة قد يكون أحد العوامل المؤثرة على إنتشار ونمو بعض أنواع البكتريا الهامة فى التربة ويسمى الفاچ بإسم الميكروب الذى يصيبه مثل:

E. coli phage & *Rhizobium trifolii* phage & *Aerobacter* phage & *Azotobacter* phage .

والفاچ لها رأس وذيل والرأس متعدد الأوجه غالبآ سداسية وهى عبارة عن غشاء رقيق من البروتين يوجد بداخله الحامض النووى، أما الذيل فإنه عبارة عن أنبوبة من البروتين وبها إنزيم خاص يتنهى الذيل بوسادة يخرج منها خيوط والفاچ متخصص لإصابة نوع معين من البكتريا.

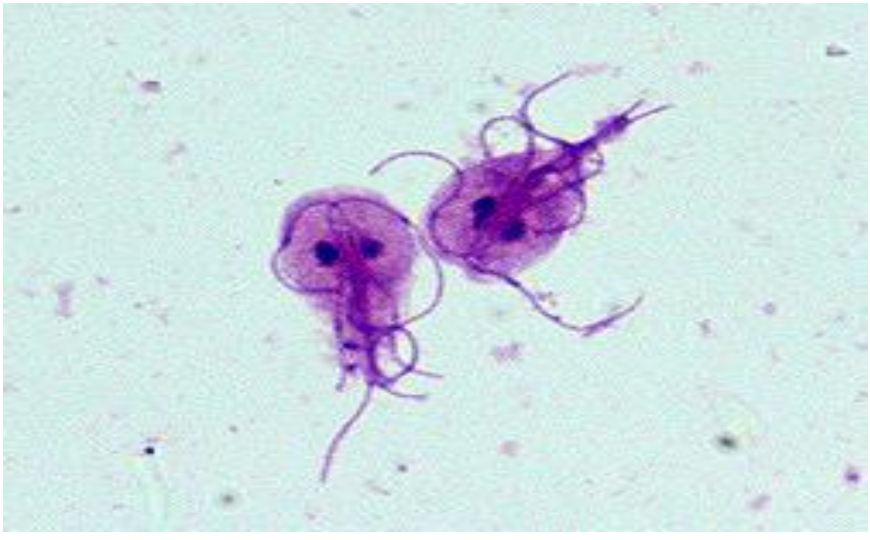
تبدأ الإصابة بإلتصاق خيوط الذيل بمركز الإستقبال بجدار خلية البكتريا ويخرج من الخيوط الإنزيم القادر على مهاجمة روابط كيميائية معينة بمراكز الإستقبال فيحللها، ثم يندفع الحمض النووى للفيروس خلال الجدار إلى سيتوبلازم الخلية وبعد ذلك ينفصل أو لا ينفصل الغلاف البروتينى عن خلية البكتريا. فى سيتوبلازم خلية البكتريا يقوم الحمض النووى للفيروس بتعديل المعلومات الوراثية للخلية لتقوم بعملية البناء الخاصة بالفيروس وبتكاثره. وعلى ذلك فإنه عندما يغزو البكتريوفاچ خلية البكتريا المتخصصة له فإنه يتكاثر بها بشدة وأخيرآ يحدث تحلل للخلية البكتيرية وتنطلق منها فيروسات جديدة قادرة على إحداث العدوى لبكتيريات أخرى من نفس النوع أو تبقى ساكنة بالتربة إذا لم تجد النوع البكتيرى المتخصصة له.

يعتبر وجود الفيروسات الممرضة لجنس الـ *Rhizobium* ذات أهمية خاصة فى التربة حيث أن هذا الجنس هو البكتريا التى تكون العقد الجذرية Root nodules على النباتات البقولية وأهميتها معروفة فى تثبيت النيتروجين الجوى ووجود مثل هذا الفيروس فى التربة قد يسبب تناقص أعداد بكتريا العقد الجذرية القادرة على تكوين العقد على النباتات البقولية كما قد يسبب تحلل البكتريا الموجودة داخل العقد على النبات مما يؤثر على تثبيت النيتروجين الجوى تعاونياً داخل النبات البقولى وهذا له أضرار إقتصادية كبيرة.

وقد لوحظ فى السنوات الأخيرة وجود فيروسات ممرضة للخمائر والفطريات والطحالب والبروتوزوا فهى تهاجمها وتتواجد بداخلها وقد تحللها وتتميز هذه الفيروسات مورفولوجياً بأنها خالية من الذيل وبذا يمكن تمييزها من هذه الناحية عن فيروسات البكتريا.

وقد وجد أن بقاء الفيروسات يتأثر فى المقام الأول بالجفاف والحرارة العالية حيث وجد أن تحت ظروف الأراضى الدافئة الجافة يؤدى لقصر فترة حياه الفيروس (لا توجد فيروسات بعد ٨ أيام)، ويبشر هذا خيراً بإستخدام مخلفات المجارى (المحتوية على العديد من الفيروسات الممرضة) للمواقع الصحراوية حيث يظهر أن الحرارة والجفاف. ولكن ما زالت هذه النتائج تحتاج لإجراء العديد من الدراسات بإستخدام أنواع متعددة من الفيروسات ومع أنواع أراضى مختلفة.

٦- البروتوزوا Protozoa



تكون البروتوزوا أكبر مجموعة من الحيوانات الموجودة بالأرض وبعض أنواع البروتوزوا توجد فى جميع أنواع الأراضى بالعالم رغم إختلاف المناخ وخواص التربة ومعنى ذلك أنها تتحمل ظروف متباينة. والبروتوزوا أحياء دقيقة حيوانية وحيدة الخلية تختلف أنواعها كثيراً فى الحجم من بضعة ميكرومترات (١٠ –٤٠ µ) إلى سنتيمتر أو أكثر. والبروتوزوا لا تمثل

إلا نسبة ضئيلة من الكتلة الحية لميكروبات التربة فكتلة البروتوزوا الحية فى أراضى الغابات أو المراعى بالمناطق الباردة تصل إلى ٢٠ جم لكل متر مربع من سطح التربة، أما فى أراضى المناطق المعتدلة فإن كتلتها عادة تكون أقل من ذلك فتصل إلى أقل من ٥ جم لكل متر مربع من سطح التربة. والانواع التابعة للبروتوزوا التى تعيش فى التربة هى:

١- الأنواع المتحركة بواسطة الفلاجات أو الأسواط مثل *Mastigophora or Flagellates*.

٢- النواع المتحركة بالأقدام الكاذبة مثل *Amaeba , Rhizopods , Sarcodina*.

٣- الأنواع المتحركة بالأهداب وهذا النوع يوجد بقلة فى التربة مثل *Ciliates or Ciliata*.

تتميز البروتوزوا الأرضية بصغر حجمها عن المنتشرة فى المياه ولا تحتوى هذه الكائنات الدقيقة على الكلوروفيل وإن كان هناك بعض الأجناس الوسطية تشابه الطحالب فى إحتوائها على البلاستيدات الخضراء المحتوية على صبغة الكلوروفيل مثل اليوجلينا *Euglena* .

يوجد حوالى ٢٥٠ نوع من البروتوزوا على أن هناك ٦ أنواع فقط هى الأكثر شيوعآ ويكثر وجود البروتوزوا فى الأراضى فى الربيع والصيف وتوجد فى الطبقة العليا من التربة خاصة فى الخمسة عشر سنتيمتر الأولى وتقل أعدادها مع العمق، وتتوقف أعدادها على ظروف التربة خاصة محتواها من المادة العضوية والرطوبة والتهوية وعمومآ فإن أعدادها بالتربة يتراوح ما بين ١٠ – ٣٠٠ ألف / جم تربة.

وتتكون دورة حياة العديد من البروتوزوا من مرحلة نشطة حيث تتغذى هذه الكائنات وتتكاثر أثنائها ومرحلة سكون يتكون فيها غلاف سميك يحيط بخلاياها. والطور الساكن لكثير من أنواع البروتوزوا يمكنها من مقاومة الظروف البيئية غير المناسبة لسنوات عديدة. وتتكاثر البروتوزوا عادة لا جنسيآ بإنقسام الخلية الأم طوليآ أو عرضيآ إلى خليتين. ومن النادر حدوث تكاثر جنسى وفيه تنتح المحتويات النووية لخليتين متشابهين وتتبادل الصفات الوراثية وفى النهاية تتكون خليتان جديدتان.

البروتوزوا فى تغذيتها إما مترممة تعيش على المواد العضوية الميتة أو تلتهم الميكروبات الأخرى الأصغر حجمآ وأكثر الكائنات التى تتغذى عليها هى البكتريا وقد لوحظ أنه عند تلقيح البكتريا والبروتوزوا فى تربة معقمة فأن أعداد البكتريا تزداد خلال الإسبوع الأول ويكون نمو البروتوزوا قليلآ ثم بعد ذلك تزداد أعدادها بسرعة ويتبع ذلك نقص شديد فى أعداد البكتريا. وبعض أنواع البروتوزوا يلزمها أعدادآ كبيرة من البكتريا لتنمو وتكمل دورة حياتها ولقد قدر أن الخلية الواحدة من بعض أنواع ال *Sarcodina* تحتاج إلى

٤٠.٠٠٠ خلية بكتيرية لتتمكن من الإنقسام. وهناك أراء تبين أن زيادة أعداد البروتوزوا فى التربة تؤثر على خصوبتها عن طريق تأثيرها على أعداد البكتريا الهامة لخصوبة التربة.

وللتسميد العضوى أثر فعال فى زيادة أعداد البروتوزوا بالتربة فقد يكون تأثيره مباشر حيث يزيد من أعداد ميكروبات التربة التى تتغذى عليها البروتوزوا أو يكون تأثيره غير مباشر حيث أن إضافته تحسن من خصوبة التربة التى ينتج عنها زيادة واضحة فى المجموع الجذرى الذى ينشط بدوره الميكروبات التى تستخدم كغذاء للبروتوزوا.

رغم وجود البروتوزوا بالأراضى فإن الدور الذى تلعبه بها غير محدد تماماً، غير أنه من الواضح أنها تلعب دوراً فى حفظ التوازن الميكروبى بالتربة بسبب تغذيتها على البكتريا والخمائر وبسبب تغذية بعض أنواع من الفطريات عليها. كما يعتقد أن البروتوزوا تلعب دوراً فى تحولات بعض العناصر الغذائية الموجودة بالتربة مثل تحلل المواد العضوية المحتوية على الفوسفات وهذا بالإضافة إلى أن الأنواع الممرضة منها التى قد تتواجد بالتربة تسبب أمراض للإنسان مثل الدوسنتاريا وللحيوان وديدان الأرض ويرقات الحشرات والحيوانات اللافقارية الأخرى.

٧- الديدان الارضية Earth warms

ينحصر نشاط الديدان الأرضية فى إبتلاع الأرض والمادة العضوية وخلطها ببعضها مع تحليل المادة العضوية تحليلاً جزئياً ثم إخراج المواد التى إبتلعتها إما إلى السطح أو تحت السطح وهذا يتوقف على الأنواع على هيئة نفايات وتتميز هذه النفايات بإرتفاع نسبة العناصر الذائية فى صورة صالحة لإستعمال النبات، كما تعمل الديدان على تكوين مجارى أو أنفاق فى الأرض مما يؤدى إلى تحسين التهوية وعملية إنتاج النفايات هذه ما هى إلا عملية لقلب الأرض ولذا تسمى

الديدان الأرضية المحراث الطبيعى للأرض. وهذه الديدان حساسة لدرجة كبيرة إلى التغيرات البيئية فتستفيد من مستويات المادة العضوية العالية والصرف الجيد والظروف غير الحامضية.

*** الديدان الإسطوانية Nematodes :**

وهى حيوانات صغيرة ويوجد حوالى ١٠.٠٠٠ نوع منها حوالى نصفها يعيش معيشة حرة بينما الباقى يعيش متطفلاً على الحيوانات أو النباتات. الديدان شكلها إسطوانى أو مغزلى وبعض الأنواع يصل طولها إلى عدة سنتيمترات إلا أن معظمها يتراوح طوله ما بين ٠.١ – ٠.٥ سم وتنقسم الديدان إلى ثلاث مجاميع تبعآ لطبيعة المواد التى تتغذى عليها:

١- ديدان تتغذى على المواد العضوية المتحللة (ديدان رمية).

٢- ديدان تتغذى على الديدان الأخرى والديدان الأرضية والكائنات المتطفلة على النباتات والبكتريا والبروتوزوا والطحالب.

٣- ديدان متطفلة على جذور النباتات.

وتوجد الغالبية العظمى من الديدان فى الطبقة السطحية من الأرض لعمق ١٠ سم ويبلغ عددها حوالى مليون لكل متر مربع ويبلغ وزنها ٩ رطل للفدان. ويتلخص دورها فى الأرض أنها تعمل كأبرة تلقيح، تخلط الجزء العضوى بالأرض بالمعدنى، تساعد على تحليل المواد العضوية، قد تؤدى إلى تحسين تهوية الأرض نتيجة المجارى والأنفاق التى تحدثها، قد تتغذى على الفطر والكائنات الحية الموجودة فى الأرض وبذلك قد تساعد على إبادة الميكروبات التى تسبب أمراض للنبات وبعضها قد يسبب أمراضآ للنباتات.

العلاقات المتبادلة بين أحياء التربة

توجد فى الأوساط البيئة الطبيعية عديد من العلاقات المتبادلة بين أنواع الكائنات الدقيقة، ويلاحظ أن هذه العلاقات والتفاعلات المتبادلة بين مجموعات الكائنات الدقيقة تجعل مجتمع الكائنات الحية الدقيقة بالتربة فى تغير مستمر. كذلك التغير فى الظروف البيئية المحيطة تحدث تغيرآ مؤقتآ فى التوازن الحيوى ولكن يعاود حالته الاصلية مع إحتمال حدوث تغير فى المجتمع الميكروبى حتى تتأقلم مع الظروف البيئية الجديدة.

غالبية الكائنات الحية الدقيقة فى التربة تعيش متقاربة من بعضها تقاربآ شديدآ مما يؤدى إلى تفاعلات متبادلة. وقد يعتمد بعض أفراد الكائنات الدقيقة على البعض الأخر للحصول على بعض

المواد اللازمة للنمو ولكنها فى نفس الوقت قد تحدث تأثيرات غير مرغوبة وعليه يمكن ملاحظة التأثيرات المفيدة والضارة.

قد يحدث عدد من العلاقات المتبادلة بين النوعين من الميكروبات: **(١) الحياد:** حيث يسلك كل منهما مسلكآ تماماً عن الآخر، **(٢) التكافل:** كلا الكفيلين يعتمد على الآخر وكلاهما يستفيد من هذه العلاقة، **(٣) التعاون الأولى:** علاقة تبادل منفعة بين النوعين وأن هذا التعاون لا يعد حتمياً لبقائها أو لإحداثها بعض التفاعلات، **(٤) المنفعة من جهة واحدة:** حيث يستفيد أحد النوعين من الآخر بينما لا يتأثرالأخر، **(٥) التنافس:** وهى الحالة التى ينشأ عنها وقف لنمو أحد النوعين حيث يكافحان فى الحصول على إحتياجاتها من المواد الغذائية المحدودة أو الأوكسجين المحدود أو غيرهما من الإحتياجات العادية المحدودة ، **(٦) التضاد:** حيث يوقف أحد نوعى الميكروبات نمو النوع الثانى نتيجة لإنتاج التوكسينات، **(٧) التطفل والإفتراس:** حيث يهاجم أحد الأنواع النوع الأخر مباشرة.

ونتيجة لهذه العلاقات المختلفة يندر إستقرار أحد الكائنات الغريبة عند إضافتها إلى التربة وحقيقة غياب الأنواع المضافة أو قلة وجودها يدل على عدم ملاءمة الوسط لنمو تلك الكائنات الدقيقة، فسرعان ما تموت البكتريا أو الفطريات غير المتأصلة فى التربة عند إضافتها والتغيرات الناجمة عن إضافة مثل هذه الكائنات الغريبة غالباً ما تكون وقتية، وعلى سبيل المثال عند إضافة الميكروب الممرض *Corynebacterium insidiosum* بأعداد تزيد عن $١٠^{٩}$ خلية/ لكل جرام تربة إلى بعض أنواع الأراضى فإن البكتريا المضافة تختفى بعد سبعة أيام. وإستخدام حمأة المجارى sludge ومخلفات الحظائر والقطعان الكبيرة أدى إلى الإهتمام بالتركيز على مصير البكتريا الممرضة للإنسان. ولكن الدراسات الحديثة التى أجريت بعناية أكدت سرعة موت معظم الخلايا الميكروبية المسببة لهذه الأمراض عند إضافتها للتربة.

العلاقات المفيدة:

سبق أن ذكرنا انه توجد بالتربة ثلاثة أنواع من العلاقات المفيدة وهى التكافل والتعاون الأولى والمنفعة من جهة واحدة. ووجود الميكروبات بكثافة عددية كبيرة فى مساحة بيئية محدودة يدفع هذه الميكروبات إلى القيام بمجموعة من العلاقات.

ومن أهم أنواع العلاقات المفيدة هى ما يتضمن نوعين من الكائنات لا يستطيع أحدهما إستخدام أحد المواد الغذائية ولكنه يستخدم نواتج تحللها بواسطة النوع الآخر. وينتشر مثل هذا النوع من العلاقات فى الطبيعة والذى يعتبر الطريق الأساسى الذى تتحول به بعض السكريات المعقدة إلى

مواد غذائية تستفيد منها الكائنات الحية الدقيقة الأخرى غير المتخصصة فى مهاجمة مثل هذه المواد الكربوهيدراتية المعقدة. فعلى سبيل المثال ينتج الفطر المحلل للسيليلوز بعض الأحماض العضوية التى تستخدم كمصادر كربون رئيسية لنمو البكتريا والفطريات غير المحللة للسيليلوز.

وهناك نوع ثانى من علاقات المنفعة من جهة واحدة والذى بواسطته تحصل بعض الميكروبات على إحتياجاتها من المواد المشجعة على نموها، حيث تقوم بعض الكائنات الحية الدقيقة بتخليق هذه المواد وإفرازها فى الوسط المحيط فيؤدى ذلك إلى تشجيع كائنات التربة المحتاجة لهذه المواد كى تنمو. ولذلك فإننا نجد نسبة مئوية كبيرة من العزلات الميكروبية لا تنمو فى غياب أحد الأحماض الأمينية وفيتامينات ب، بينما تنتشر مثل هذه الأنواع من الميكروبات فى الطبيعة عند مصاحبتها لغيرها من الميكروبات غير ذاتية التغذية والتى لها القدرة على مدها بما تحتاجه من مواد غذائية كنواتج لعمليات التمثيل الغذائى التى تقوم بها الأخيرة.

كما أن التحليل الميكروبى لبعض المواد المثبطة لنمو البعض الأخر من الميكروبات يعد من إحدى صور العلاقات المفيدة فتساعد الميكروبات اللاهوائية حتماً على النمو بإستهلاكها للأوكسجين الموجود فى الوسط المحيط وتظهر جلياً المنفعة من جهة واحدة فى الأراضى الحامضية حيث تعيش الكائنات الحساسة للحموضة فى المناطق الملاصقة تماماً للكائنات الأخرى التى تعمل على تقليل الحموضة.

ولقد لوحظت دوماً صور التعاون الأولى فى المزارع الميكروبية، فعلى سبيل المثال لا تستطيع كل من *Bacillus polymyxa & Proteus vulgaris* النمو فى بيئات فقيرة فى حامض النيكوتينيك والبيوتين، حيث يحتاج الميكروب الأول إلى حامض النيكوتينيك والأخر إلى البيوتين، بينما نجد أن كلا الميكروبين ينمو عند وجودهما سوياً فى نفس المنابت الفقيرة فى مثل هذه المواد، حيث يستطيع كل منهما تخليق ما يحتاجه الآخر من فيتامين. ولقد لوحظ مثل هذا التعاون الأولى بين البكتريا والفطريات التى تحتاج فى نموها إلى أنواع مختلفة من الفيتامينات والأحماض الأمينية. ففى كل حالة نجد أن الميكروب المرافق يتمكن من تخليق المادة المشجعة لنمو الميكروب الأخر.

تتضح العلاقات التكافلية بين العديد من الكائنات الحية المنتشرة فى التربة: الطحالب والفطريات فى الآشنات، والبكتريا وجذور النباتات كما فى حالة العلاقة التكافلية بين البكتريا العقدية *Rhizobium* وجذور البقوليات، الفطر وجذور النباتات كما هو فى حالة الميكوريزا.

فتتواجد الطحالب والفطريات فى علاقة طبيعية وفسيولوجية وطيدة ومميزة تجعل من الآشنات المكونة لها كائنات مستقلة بذاتها. فتستفيد الطحالب من الحماية الميكانيكية لهيفات الفطر خاصة فى ظل الظروف البيئية القاسية بينما نجد أن الفطر يستخدم المواد الكربوهيدراتية التى تخلقها الطحالب من ثانى أكسيد الكربون خلال عمليات التمثيل الضوئى. وتعمل الطحالب الخضراء المزرقة عند إشتراكها فى تكوين الآشنات على إستيفاء إحتياجات الفطر من المواد النيتروجينية نظراً لإحتواء مثل هذه الطحالب على إنزيم النيتروجينيز الذى يمكنها من تثبيت النيتروجين الجوى.

كذلك الإرتباط الناشئ بين الفطريات وجذور النباتات وهو ما يعرف بالميكوريزا يعد أيضاً من أمثلة المعاشرة التكافلية اللافتة للنظر حيث يحصل الفطر على إحتياجاته من معادن وفيتامينات وغيرهم من الإحتياجات الغذائية الضرورية الغير متوفرة فى التربة بالصورة التى يحتاجها الفطر وذلك لنمو الفطر المتلازم مع الجذور، بينما تزداد معدلات إمتصاص النبات للمواد الفوسفورية والنيتروجينية وغيرها من المواد غير العضوية.

العلاقات الضارة:

تتكاثر الميكروبات الملقحة فى تربة معقمة بسرعة حيث تصل إلى كثافة عدية كبيرة، بينما نجد أن إجراء نفس عملية التلقيح فى تربة غير معقمة ينتج عنه نمو ضعيف بل إختفاء أنواع الميكروبات التى أدخلت للتربة فبغضون أيام و أسابيع. ويعزى الإختلاف فى السلوك بين التربة المعقمة وغير المعقمة إلى العلاقات المتبادلة ذات الطبيعة الضارة بين الميكروبات. فالتأثير الضار لأحد الانواع على نمو الميكروبات المجاورة شائع الوجود فى التربة حيث يشاهد ذلك بملاحظة الإنخفاض فى أعداد ونشاط الكائنات الأكثر حساسية. ونظراً لتعدد مجاميع الميكروبات فى التربة وتنوع العلاقات البسيطة التى تعتمد على وجود نوعين من الكائنات الحية الدقيقة فإن العلاقات الضارة التى تنشأ تتنوع تنوعاً شديداً. وبناء على ذلك فهناك صراع مستمر بين الكائنات حيث تستطيع فقط الأنواع الملائمة للوسط البيئى على المقاومة والبقاء.

وتتلخص العلاقات الضارة التى تنشأ بين ميكروبات التربة فى الآتى: **(١) التنافس الميكروبى:** حيث تتزاحم الميكروبات فى الحصول على المواد الغذائية الموجودة بكميات محدودة أو فى الحصول على بعض الإحتياجات العامة الأخرى، والتنافس على الكربون والمواد المعدنية والأوكسجين ينتشر بصورة واضحة. **(٢) الضرر من جهة واحدة (التضاد):** حيث تعمل بعض الأنواع على إفراز بعض المواد السامة لجيرانها من الميكروبات، بمعنى آخر فقد يتغير الوسط

المحيط بحيث يصبح ضاراً لبعض المجاميع الميكروبية نتيجة لتخليق بعض نواتج التمثيل الغذائى التى تثبط أو تقتل خلايا الميكروبات أو نتيجة لإستهلاك كل الأوكسجين مما يؤدى إلى تثبيط نمو الكائنات الهوائية حتماً. **(٣) التطفل والإفتراس:** حيث تتغذى إحدى الميكروبات مباشرة على الآخر، ولا يعتبر التطفل والأفتراس نادر الحدوث فى التربة حيث يلاحظ وجود هذه العلاقات عند تغذية البروتوزوا على البكتريا وعند مهاجمة الفطريات النيماتودا وعند هضم الفطريات بواسطة بعض البكتريا وعند تحلل البكتريا والأكتينوميسيتات بالبكتريوفاج.

١) التنافس الميكروبى:

إذا ما وضع فى الإعتبار أن وفرة المواد الغذائية السهلة التحلل تعد من أهم العوامل المحددة لنشاط الميكروبات وتمثيلها الغذائى فإن وجود كميات غير كافية من هذه المواد يعد سبباً رئيسياً للتنافس. فعند وجود المواد الكربوهيدراتية بكميات محدودة تنشط الأنواع السريعة النمو من الميكروبات وتحد من نمو الأنواع الأخرى البطيئة إذا ما وجد كلا النوعين فى تربة معقمة بينما لا يلاحظ مثل هذا التأثير عند وجود هذه المواد العضوية بوفرة. وفى مثل هذه الأحوال ترتبط درجة التنافس إرتباطاً مباشراً بمعدل نمو الميكروبات. فمثلاً الإستهلاك السريع لمثل هذه المواد العضوية بواسطة الميكروبات التى تتميز بقصر مدة أجيالها فشل جراثيم العديد من الفطريات من الإنبات طبيعياً فى التربة، حيث تستهلك هذه المواد الغذائية قبل أن تتهيأ الجراثيم لإستخدامها فى الحصول على الطاقة اللازمة لخروجها من طور السكون.

ويعتبر التنافس بين سلالات الريزوبيوم *Rhizobium* المتأصلة فى التربة والسلالات الملقح بها البذور ذو أهمية تطبيقية كبيرة، حيث يقوم أكثرها قدرة على التنافس بإختراق الشعيرات الجذرية وتكوين النسبة الأكبر من العقد الجذرية. وتنعكس كفاءة العقد المتكونة فى تثبيت النيتروجين الجوى على مدى إستفادة النبات البقولى من المعيشة التكافلية مع هذه الميكروبات.

٢) التضاد:

يلاحظ عند تلقيح منابت الآجار الغنية الموجودة فى أطباق بترى بمعلق مخفف من التربة نمو خلايا البكتريا والأكتينوميسيتات والفطر المكونة مجاميع بكتيرية متجاورة، ومع هذا فقد تحاط بعض المجاميع بمنطقة رائقة أو هالة لا تظهر بها أى نموات ميكروبية وهو ما يؤخذ كدليل أو قرينة على إنتاج مثل هذه المجاميع لمواد تثبط نمو الميكروبات الآخرى عند وجودها بتركيزات منخفضة وتعرف هذه المواد بالمضادات الحيوية.

ليس من الصعوبة عزل سلالات ميكروبية لها القدرة على تثبيط نمو الكثير من الكائنات الحية الدقيقة مما يشير إلى إنتشار هذا النوع من الكائنات فى التربة والتى تشمل العديد من البكتريا والأكتينوميسيتات والفطريات. وتعتبر مجموعة الأكتينوميسيتات من أهم ميكروبات التربة التى تخلق المضادات الحيوية المختلفة. والتى منها على سبيل المثال لا الحصر الأستربتوميسين والكلورامفينيكول والكلوروتتراسيكلين. كما أن أهم أنواع الأكتينوميسيتات المستخدمة على نطاق واسع فى الصناعة عزلت أصلاً من التربة. ومن أهم أنواع البكتريا المنتجة للمضادات الحيوية وأكثرها شيوعاً ما يتبع جنس *Pseudomonas, Bacillus* والتى لها القدرة على إنتاج البيوسيانين ومشتقاته. كما أن أنواع الفطريات التابعة لأجناس *Aspergillus, Fusarium, Penicillium, Trichoderma* وغيرها تنتج المضادات الحيوية.

تتميز المضادات الحيوية بقدرتها على تثبيط نمو أو قتل الميكروبات الحساسة سواء كانت بكتريا أو فطر أو أكتينوميسيس. ويختلف لدرجة كبيرة نسبة إنتشار الميكروبات المثبطة ودرجة تثبيطها لنشاط أحد الميكروبات الحساسة أو المختبرة بإختلاف التربة تحت الدراسة ونوع كل من السلالات المنتجة للمضاد الحيوى والأخرى المختبرة لفعله المثبط. فقد وجد أن بعض السلالات البكتيرية تعرف بحساسيتها الشديدة للمضادات الحيوية التى تنتجها العديد من السلالات البكتيرية بينما نجد أن البعض يظهر حساسية أقل فى هذا الخصوص كما أن بعض الكائنات الحية الدقيقة تنتج أكثر من مادة مثبطة خلال عمليات تمثيلها الغذائى تؤثر كل منها على نمو نوع مغير من الميكروبات.

٣) الإفتراس والتطفل:

يعد الإفتراس من العلاقة البالغة التأثير بين الميكروبات فى الطبيعة، وتعتبر البكتريا على وجه الخصوص من أهم كائنات التربة الصغيرة فى الحجم تعرضاً لفعل المفترسات. وتمثل البروتوزوا أهم مفترسات البكتريا حيث تتغذى على الملايين منها مؤثرة بذلك على أعدادها وإنتشارها فى الطبيعة. مع ملاحظة أن المفترسات فى حد ذاتها لا تمثل الأغلبية الساحقة لكائنات التربة حيث أنها بدورها تتعرض لفعل العوامل التى تتحكم فى التوازن الحيوى فى التربة. ولقد أظهرت التجارب العديدة التى أجريت على العلاقة الناشئة بين كل من المفترس والفريسة أن أى تغير نوعى أو كمى فى أى منهما يستتبعه تغير مماثل للآخر، حيث وجد أن توفر البكتريا بكثافة عددية كبيرة يعد ضرورياً لنمو بروتوزوا التربة وأن أعداداً كبيرة من البكتريا تلزم لإتمام إنقسام كل خلية من خلايا البروتوزوا.

تتعرض كل من المجاميع الميكروبية الرئيسية فى التربة للإصابة بطفيليات تعيش خارج خلاياها فمع أن البكتريوفاجات توجد بأعداد قليلة إلا أنها واسعة الإنتشار فى التربة وتصيب الأجناس المختلفة من البكتريا. وتتعرض مجموعة عريضة من الفطريات لتطفل بعض القطريات عليها حيث تهاجم الهيفات والكونيديات والجراثيم الكلاميدية والجراثيم البيضية والجراثيم الهدبية والاجسام الحجرية وغيرها مؤدية إلى تحللها فى النهاية. وتتبع أهم الفطريات المتطفلةأجناس *Rhizoctonia, Trichoderma, Penicillium*. وتعتبر هيفات الفطريات الناميـــة فى التربة أقــل عرضة لفعل الطفيـــل وذلك لسرعـــة نموها التى غالباً مـــا تفوق معدل تحللها بينما تتعرض الأطوار الساكنة على وجه الخصوص للفعل المدمر للطفيليات حتى البطيئة منها خلال مهاجمتها لفترات طويلة.

تتعرض البروتوزوا لمهاجمة الكائنات الأخرى حيث تستطيع أنواع عديدة من البكتريا والقليل من الفطريات التغلغل داخل خلاياها النشطة وليس حويصلاتها وتتكاثر البكتريا داخل خلايا العائل وقد تؤدى فى النهاية إلـــى موتها وتحللها. هـــذا بالإضافة إلى أن أنواعاً خاصة من الفطريات قد تتخلل خلايـــا البروتوزوا خاصـــة الأميبا حيث تعمل على قتل خلاياهـــا ثم الإستفادة مـــن مكونات السيتوبلازم.

التطبيقات فى الزراعة

١- التلقيح بالبكتريا التكافلية المثبتة للأزوت، تستعمل أنواع البكتريا التابعة إلى الجنسين ريزوبيوم *Rhizobium* و*Bradyrhizobium* بعد تنميتها في أجهزة خاصة (مخمرات fermenters) وتحميلها على مواد عضوية مناسبة لتلقيح النباتات البقولية المتوافقة مع هذه الأنواع بهدف زيادة كمية الأزوت المثبت وخصوبة التربة.

٢- التلقيح بالأحياء المثبتة الأزوت على نحو حر(لاتكافلياً) يعود الفضل في محافظة أراضي الصين وجنوب شرق آسيا على خصبها إلى نمو الأحياء الدقيقة في الوسط المائي الذي يغمر به الأرز أو على سطح تربته، وتتميز هذه الأحياء بقدرتها على تثبيت الأزوت 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 الأزوت ورفع خصوبة التربة.كما إن إضافة بعض أشكال البكتريا المثبتة للأزوت بصورة حرة غير ذاتية التغذية مثل *Azospirillum* و*Azotobacter* قد أعطت نتائج إيجابية في كثير من الحالات وخاصة في الترب التي تتميز بنقص الأزوت وارتفاع نسبة الكربوهدرات فيها.

٣- التلقيح بالبكتريا المحللة للفوسفات تمتاز بعض أنواع البكتريا الموجودة في التربة بالقدرة على تحويل الفوسفات الثلاثية غير المتيسرة للنبات إلى فوسفات ثنائية أو أحادية، وترتبط معظم التحولات الميكروبية للفوسفات بالتحول من الصيغة غير الذائبة إلى الذائبة المتحركة. والصيغة الأكثر شيوعاً للفوسفات هي فوسفات الكالسيوم الثلاثية التي تستطيع بعض الأحياء إذابتها لتمثيلها أو لجعلها صالحة للاستعمال من أحياء أخرى، وتعتمد آلية الإذابة على إنتاج الكائن الحي لأحماض عضوية أو معدنية.

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

٥- استعمال خلائط جرثومية وعضوية لإخصاب التربة وتحليل المخلفات: تصنع بعض الشركات أو المؤسسات خلائط من جرثوميات التربة النافعة المختلفة وتحمّل هذه الجرثوميات على مواد عضوية نصف متحللة للمحافظة على حيويتها أثناء التخزين والنقل، وتستعمل هذه الخلائط في الإنتاج الزراعي المكثف للنباتات.

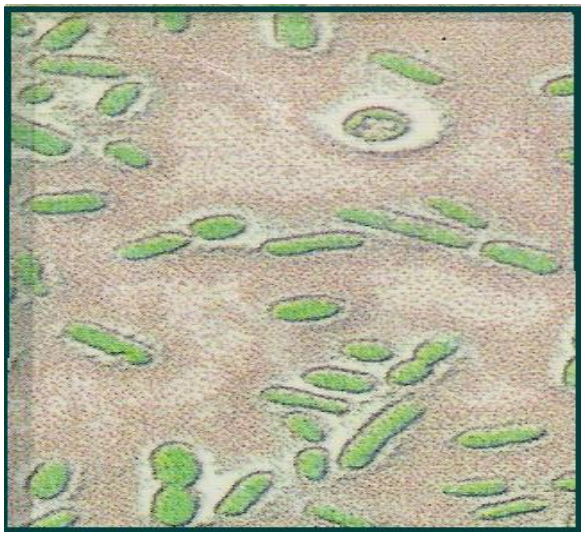
٦- استعمال التقنيات الحديثة المتطورة في الهندسة الوراثية للحصول على سلالات ميكروبية لأغراض معينة مثل زيادة قدرة السلالات على تثبيت الأزوت الجوي أو تحطيم الخشب وتطوير سلالات منافسة للسلالات الممرضة أو تحليل المبيدات وبقاياها أو التخلص من ملوثات التربة.

منذ بدأ التعرف على الدور الذي تلعبه الأحياء الدقيقة في زيادة إنتاجية المحاصيل وتثبيتها للأزوت الجوى في العقد الجذرية للنباتات البقولية. اتجهت الأنظار إلى استخدام أحياء التربة الدقيقة كوسيلة من خلال نشاطها لمد النباتات النامية ببعض إحتياجتها الغذائية ومن هنا بدأ استخدام اصطلاح " التسميد الحيوي Biofertilization " الذي يقصد به كل الإضافات ذات الأصل الحيوي التي تمد النباتات النامية باحتياجاتها الغذائية. مثل هذه الإضافات يمكن أن تسمى أيضا باللقاحات الميكروبية Microbial inoculants . يعتبر التسميد الحيوي مصدر غذائي للنبات رخيصة الثمن جدا إذا ما قورنت بالأسمدة المعدنية وينتج السماد الحيوي من الكائنات المجهرية باختيار الميكروب المطلوب ثم بإكثار في مزارع ملائمة ثم نقل النمو إلى حامل مناسب حيث يحفظ تحت ظروف ملائمة لحين استعماله كلقاح للبذور أو بالتربة. هذا ويراعي ظروف التعقيم في مراحل الإنتاج.

حتى لا يتلوث المنتج أو الميكروب الداخل في إنتاج المخصب الحيوي بميكروبات أخري قد تكون تنافسية مع الميكروب الأصلي أو تثبط نشاطه أو تقلله ومن هنا لا يتحقق الغرض من إستخدامه.

الفصل الثاني

المخصب الحيوي Bio-fertilization



يمكن تعريف المخصبات الحيوية بأنها عبارة عن كائنات حية دقيقة تمتلك القدرة على تيسير بعض العناصر الغذائية الأساسية اللازمة لنمو النباتات مثل النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم والكبريت والحديد.وقد عمد الباحثون على عزل هذه الكائنات من البيئات الطبيعية لها وكذلك البيئات الزراعية والعمل على تنميتها معملياً ثم تجريبها على العديد من الأراضي الزراعية لمختلف الحاصلات.والمفهوم العلمي لهذه العملية يطلق عليه التسميد الحيوي ويقصد به تلقيح التربة أو البذور بكائنات حية دقيقة تفيد وتعمل على تغيير المحتوى البيولوجي في المنطقة المحيطة بالجذور النباتية والتي يطلق عليها الأسطوانة الجذرية Rhizosphere.

ماذا تعني كلمة مخصب حيوي؟

المخصب الحيوي عبارة عن كائن حي دقيق يعمل على إذابة ومعدنه الفسفور غير العضوي حيث يحوله من الصورة غير الميسرة للنبات إلى الصورة الميسرة للنبات أو أنه يثبت النيتروجين الجوى وهو في صوره حرة أو في صورة تكافلية مع العائل النباتي المناسب للميكروب بالإضافة إلى إفراز هذا الميكروب لمواد مشجعه ومنشطه لنمو النبات وهرمونات مما ينعكس بالإيجاب على معدل نمو النبات ومحصوله الثمري وبعبارة أخرى يقصد بالمخصب الحيوي بأنه كل الإضافات ذات الأصل الحيوي التي تمد النبات النامي بأحتياجاته الغذائية ومثل هذه الإضافات يمكن أيضا أن تسمى باللقاحات الميكروبيةMicrobial inoculants

يحقق إستخدام المخصبات الحيوية فوائد عديدة عند إستخدامها كبديل للأسمدة الكيماوية ونسوق منها:-

١- توفير جزء كبير من العناصر الغذائية الهامة للنبات وهي الأزوت (٢٥%)وذلك بتثبيته من الهواء الجوي وعنصر الفسفور (٥٠%) بإذابة الفوسفات ثلاثي وخماسي الكالسيوم إلي فوسفات أحادي الكالسيوم صالحة للإمتصاص بواسطة النبات .

٢- هناك تأثير إيجابي للتلقيح بالمخصبات الحيوية علي النباتات من حيث مظهر النمو وتحسين المجموع الجذري والخضري .

٣- زيادة المحصول النهائي من حيث الكمية ومحتوي المحصول الناتج من البروتين حيث تتراوح الزيادة ما بين ١٠- ٣٠% في محصول الحبوب.

٤- تعويض الفقد السريع في النيتروجين نتيجة الذوبان السريع للمواد النيتروجينية سهلة الذوبان مما يعني حفظ خصوبة التربة.

٥- إعادة التوازن الميكروبي للتربة وتنشيط كافة العمليات الحيوية بها.

٦- الحد من تلوث البيئة وإنعكاس ذلك علي كل نواحي الحياة.

٧- خفض تكاليف الإنتاج لرخص ثمن المخصبات الحيوية مقارنة بالأسمدة الكيماوية.

٨- إفراز بعض المضادات الحيوية مما يساعد علي مقاومة بعض الأمراض المستوطنة في التربة مما يعود بالنفع علي النبات وإنتاجه.

٩- إفراز بعض الهرمونات وإندول حامض الخليك وحمض الجبريليك وهي تعمل كمنظمات نمو للنبات .

١٠- تقليل سمية المنتجات الغذائية مما يعني حالة صحية أفضل للفرد والمجتمع فضلا عن أسعار أعلي للمنتجات المصدرة نتيجة عدم تسميدها بالأسمدة الكيماوية.

١١- الزراعة النظيفة وبالتالي منتج عالي الجودة.

١٢- زيادة المادة العضوية في التربة مما يؤدي إلي تحسين خواصها خاصة في الأراضي التي تعاني من نقص في المواد العضوية .

١٣- تحسين إمتصاص المياه بواسطة الجذور .

١٤- تزيد من مساحة سطح الجذور فتزيد من إمتصاص العناصر المتوفرة بالتربة

١٥- تحسين خواص التربة الرملية بإفراز بعض المواد السكرية التي تعمل علي تجميعها .

الجدوى الإقتصادية لإستخدام المخصبات الحيوية:-

لبيان الجدوى الإقتصادية من إستخدام المخصبات الحيوية نوضح هذا المثال : إذا كان المستهدف هو زراعة مليون فدان بالقطن للموسم الحالي وتم معاملة التقاوي اللازمة لزراعة هذه المساحة بلقاح مذيب للفوسفات وأخر مثبت للأزوت. فيؤدي إستخدام عبوة من المخصب

الحيوي والذي يحتوي علي البكتيريا المذيبة والممعدنة للفوسفات غير العضوية والعضوية الموجودة في التربة والذي ثمنه القليل من الجنيهات فإنه يؤدي إلي توفير شكارتين سوبر فوسفات لكل فدان.

ويؤدي إستخدام لقاح مثبت النيتروجين (يؤدي إلي توفير حوالي ١٥وحدة أزوت علي الأقل لكل فدان).

علاوة علي زيادة الإنتاج بما لا يقل عن ١٠% والتي تساوي بالنسبة للمساحة الكلية وهي مليون فدان ×٧ قناطير متوسط إنتاج الفدان ×١٠% وهى الزيادة ×٥٠٠ جنيه ثمن القنطار (وفقا لسعر السوق) = ٣٥٠ مليون جنيه. بالإضافة إلي الحد من تلوث البيئة الذي لا يقدر بثمن وكذلك إنتاج نوعية من القطن لها قدرة كبيرة علي المنافسة في الأسواق الخارجية ونقيس علي ذلك كل المنتجات الزراعية الأخرى .

وتشير الدراسات التقديرية إلي أن إجمالي العائد لا يقل عن ١٠٣٥ مليون جنيه سنويا . بالإضافة إلى الحد من تلوث البيئة الذي لا يقدر بثمن وكذلك إنتاج نوعية من القطن لها القدرة الكبيرة على المنافسة في الأسواق الخارجية ونقيس على ذلك كل المنتجات الزراعية الأخرى

وتشير الدراسات التقديرية إلى أنه في حاله تعميم إستخدام المخصبات الحيوية في الزراعة المصرية فإن إجمالي العائد لا يقل عن١.٣٥ مليار جنيه سنويا. لذلك لابد من التوجيه والإرشاد والتوعية بأهمية هذه المخصبات من كافة الجوانب سواء كانت إقتصادية أو إنتاجية أو صحية وغير ذلك.

كيفية تحضير المخصب الحيوى:

لتحضير المخصب الحيوي في الصورة النهائية للإستخدام نتبع الخطوات الآتية :-

١- إختيار السلالات الأكفأ للغرض المنتج من أجله حيث يتم علي سبيل المثال إختيار أفضل السلالات المذيبة والممعدنة للفوسفات أو المثبتة للنيتروجين والتي تناسب المحصول الذي ستتعايش معه إن كانت هناك معيشة مشتركة.

٢- يتم تنمية السلالات البكتيرية علي بيئة تغذية رخيصة حتى يكون التوفير إقتصاديا بالمقارنة بإستخدام الكيماويات غالية الثمن.

٣- دراسة حيوية وكفاءة هذه السلالات في اللقاح المستخدم.

٤- إختيار أفضل الحوامل الميكروبية التي تتناسب مع هذه السلالة ووضع الكمية المناسبة من هذا الحامل مع كمية الميكروب المستخدم.

٥- يتم العمل تحت ظروف معقمة ويتم التعقيم للحامل الميكروبي بأشعة جاما.

٦- تحصد الميكروبات من البيئات المغذية ويتم خلطها بالحامل بالكميات المناسبة والتي تناسب المساحة من الأرض المراد إضافتها إليها.

٧- يغلق الكيس تحت شروط التعقيم.

٨- يخزن ويتداول في ظروف جيدة ولا يعرض لأشعة الشمس ويجب إستعماله في خلال فترة الصلاحية حتى لا تفقد الميكروبات كفاءتها وبالتالي لا تحقق الغرض الذي تستخدم من أجله.

ما هو الحامل الميكروبي؟

هو عبارة عن مادة ذات مواصفات خاصة تجعلها عالية القابلية لدمج أو خلط الكائن الميكروبي المعد لتجهيز المخصب الحيوي معها بحيث لا تؤثر علي كفاءة أو نشاط هذا الكائن طوال فترة بقائه محملا عليها ويعتبر الحامل هو المكمل أو الجزء الهام الثاني اللازم لتكوين المخصب الحيوي .

وبصفة عامة تعتمد صناعة المخصبات الحيوية عالية الجودة علي توفير الحامل الميكروبي المناسب والذي يحافظ علي حيوية وأعداد وكفاءة الخلايا الميكروبية حتى تصل إلي المزارع في الوقت المناسب وبالعدد و الكفاءة المناسبة.

إستخدام الحامل الميكروبى المناسب لإنتاج السماد الحيوي:-

إستخدام الحامل الميكروبي المناسب ذو الصفات الجيدة في إنتاج السماد الحيوي تشمل الخطوات ما يلي :

- التعريف بالحامل الميكروبي.
- وظيفة الحامل الميكروبي.

- أنواع الحوامل البكتيرية.
- إستخدام الأسمدة العضوية الصناعية كحوامل ميكروبية.

ولقد أتضح أن الإختيار المناسب للسلالات والبيئات المناسبة وكذلك إستخدام المخمرات بالمواصفات الملائمة لعملية التخمير بالإضافة إلي إختيار الحامل الجيد ذو المواصفات الملائمة سوف يؤدي إلي تكنولوجيا ناجحة لإنتاج الأسمدة الحيوية التي تتميز بما يلي :-

١- منتج ذات كفاءة وفاعلية عالية.

٢- منتج علي المستوى المطلوب وحسب لمواصفات المحلية و الدولية .

٣- منتج قادر علي المنافسة المحلية .

٤- منتج ذو مواصفات ثابتة طول فترة بقائه .

ما وظيفة الحامل الميكروبي ؟

تتمثل وظيفة الحامل الميكروبي بالدرجة الأولي في قابلية الدمج أو خلط الكائن الميكروبي المعد لتجهيز السماد الحيوي دون أن يكون له أي تأثير معاكس علي نمو وكفاءة ونشاط هذا الكائن، كما يعتبر الحامل الميكروبي بمثابة البيئة الملائمة لتسهيل تعبئة اللقاح بعد إنتاجه في صورة ملائمة لمكان الإستعمال.

الصفات المميزة للحامل الميكروبي:-

يجب أن يتميز الحامل الميكروبي الجيد بالخصائص التالية:

١- رخيص الثمن.

٢- خفيف الوزن.

٣- سهل التخزين.

٤- متوفر في البيئة المحلية.

٥- متجانس طبيعيا وكيماويا.

٦- له قدرة تشبعية وتبادلية عالية.

٧- غير طارد للحرارة عند البلل.

٨- له قدرة عالية علي إستيعاب عدد كبير من خلايا اللقاح المضافة والمحافظة علي حيويتها العالية لمدة طويلة دون فقد في فاعليتها أو نشاطها أو في قدرتها علي إنتاج العنصر المطلوب.

٩- له قابلية عالية علي الإحتفاظ بالرطوبة وكذلك بالمواد الغذائية المناسبة واللازمة لنمو اللقاحات.

١٠- غير ملوث للبيئة بل بالعكس قد يساهم في الحد من تلوث البيئة عند إستخدام المخلفات العضوية في تصنيعه.

١١- قابل للتحلل البيولوجي.

١٢- سهل الإلتصاق بالبذور.

١٣- سهل الخلط مع اللقاح.

١٤- سهل التعقيم.

١٥- متعادل من حيث درجة الـ pH بل يجب أن تكون قدرته علي تعديل درجة الـ pH جيدة – أي يجب إن تكون له قدرة تنظيمية لدرجة الـ pH – كما يكون من السهل تعديل درجة حموضته إذا تطلب الأمر ذلك.

أنواع الحوامل الميكروبية:

يعتبر البيت Peat من أشهر الحوامل الميكروبية وأكثرها إستعمالا ولكن بالإضافة إلي ذلك فإنه يمكن تجهيز الحوامل الميكروبية من بين المكونات المختلفة الآتية:-

١- الفحم الناعم أو الفحم المضاف إليه بعض المكونات الأخرى.

٢- بعض المواد النباتية مثل مصاصة القصب المطحون مع إزالة السكر منها قبل طحنها وكذلك نشارة الخشب وقش الأرز ومطحون قوالح الذرة وحطب القطن والسليلوز الناعم وغيرها من المخلفات النباتية .

٣- بعض معادن الطين مثل الفيرموكيوليت وقد يضاف إليها بودرة التلك أو صخر الفوسفات المطحون وكذلك كبريتات الكالسيوم.

٤- الـ Peatmoss كمصدر للمادة العضوية.

والتحليل الكيميائي والفيزيائي لمكونات الحامل الميكروبي قد تكون مفيدة ولكنها لا تعتبر معيارا للتحقق من كفاءة الحامل، ولكن التحقق من هذه الكفاءة يمكن أن يتم بإضافة اللقاح إلي الحامل ثم

مراقبة النمو وحيوية الخلايا تحت الظروف المناسبة لمدة أكثر من شهر. وإذا غضضنا النظر عن نوعية الحامل الذي يتم إختياره لإنتاج اللقاح فإنه لا يجب أن نستبعد طبيعة التفاعل بين الحامل واللقاح وتأثير ذلك علي كفاءة اللقاح. ومن المهم تعقيم الحوامل الميكروبية قبل إستخدامها حيث أن التعقيم يعتبر عامل هام للتخلص من المنافسة الناشئة من الميكروبات الأخرى ومن ثم الحصول علي أعداد أعلي من خلايا اللقاح الحية. وتتم عملية التعقيم إما بواسطة الأوتوكليف أو بإستخدام أشعة جاما أو التعقيم الكيماوي. وأثناء الخلط فإن درجة الحرارة يجب ألا تتعدى ٣٨مْ ويغطي مخلوط الحامل واللقاح لمدة ١ – ٦ أيام للوقاية من الجفاف وللمحافظة علي توازن الرطوبة داخل المخلوط ،وبعد هذه المدة يصبح اللقاح جاهز بعد نخله مرة أخرى للتخلص من التكتلات. ثم يعبأ في أوعية نظيفة مانعة للرطوبة وهي عبارة عن أكياس من البولي إيثيلين ،وإذا لم يعبأ اللقاح بعد تجهيزه مباشرة فيجب أن يخزن تحت ظروف جافة لحين إستعماله.

إستعمال الأسمدة العضوية الصناعية (الكمبوست) كحوامل ميكروبية :

ظلت صناعة المخصبات الحيوية في مصر تعتمد علي مادة البيت المستوردة – والتي تعتبر من أفضل وأشهر المواد الحاملة الميكروبات المستخدمة كلقاح – لمدة طويلة، إلا أن عدم توفر هذه المادة بصفة مستمرة وإرتفاع أسعارها نتيجة إستيرادها من الخارج ظل يهدد إستمرارية إنتاج المخصبات الحيوية في مصر مما نشأ عنه سعي دءوب نحو حل هذه المشكلة عن طريق إمكانية إستبدال هذه المواد بمواد موجودة بوفرة ولها نفس المواصفات أو مواصفات قريبة منها ، ولقد وجد الباحثون ضالتهم في إستخدام المخلفات النباتية المتخمرة أو ما يسمى بالأسمدة العضوية الصناعية (الكمبوست). وفي تجربة لإستخدام السماد العضوي الصناعي المجهز من عروش بنجر السكر بعد تجفيفها وطحنها كحوامل ميكروبية منفردة أو مخلوطة مع الفيرموكيوليت بنسبة ١ : ١ ويتم مقارنة هذه الحوامل بمادة البيت المستوردة حيث أختبرت حيوية سلالات بكتيرية لكل من ريزوبيا فول الصويا (USDA110) *Bradyrhizobium japonicum* والأزوتوباكتر كروكوكم .والبكتريا المذيبة للفوسفات التابعة للنوع *Bacillus megaterium* علي تلك الحوامل حيث لقحت أكياس تحتوي كل منها علي ١٠٠ جم من تلك الحوامل المعقمة بحوالي ٢٠سم^{3} من مزارع عمرها ٤٨ ساعة من الميكروبات السابقة وتم خلطها جيدا بعد إضافة ماء معقم مقطر لتوصيل السعة التشبعية المائية إلي ٣٠% ثم حفظت هذه الأكياس الملقحة علي درجة حرارة الغرفة وتم تقدير أعداد البكتيريا الملقحة بطريقة التخفيف علي أطباق مع إستخدام البيئة المناسبة لكل نوع بكتيري مستخدم وذلك علي فترات ٧ ، ١٤ ، ٣٠ ، ٦٠ ،

٩٠ ، ١٢٠ يوم وسجلت نتائج الدراسة والتي أثبتت أن كل من السماد العضوي الصناعي أو السماد العضوي الصناعي المخلوط مع الفيرموكيوليت بنسبة ١ : ١ يتشابه مع البيت من حيث المحافظة علي حيوية وأعداد الريزوبيا والأزوتوباكتر وكذلك البكتريا المذيبة للفوسفات التابعة للجنس Bacillus حيث تراوحت الأعداد ما بين ١ – ٦٦ × $١٠^{٩}$ /جم ، ١ – ٨٠ × $١٠^{٩}$ /جم ، ٢ – ٦٠ × $١٠^{٩}$ /جم، علي التوالي طوال ١٢٠ يوم هي فترة التخزين. كما أوضحت الدراسة أن أعداد تلك الكائنات قد وصلت إلي أقصاها في تلك الحوامل في خلال فترة تخزين ما بين ٣٠ – ٦٠ يوم وهذا يتمشى مع الأعداد الموصي بها دوليا في المخصبات الحيوية. وقد خلصت الدراسة إلي انه يمكن إحلال السماد العضوي الصناعي المحضر من المخلفات العضوية محل البيت المستورد كحامل ميكروبي لتحضير المخصبات الحيوية مع إمكانية خلطه ببعض المواد الرخيصة الثمن المتوفرة محليا دون أن يؤثر ذلك علي حيوية اللقاح المستخدم .

والجدول التالي يوضح نتائج هذه الدراسة ...أعداد الريزوبيا والازوتوباكتر والبكتريا المذيبة للفوسفات بعد التحميل علي الحوامل المختلفة ولفترات تخزينية مختلفة (الأعداد × $١٠^{٩}$ /جم) :

نوع الحامل المستخدم	فترات التخزين الأيام					
	٧	١٤	٣٠	٦٠	٩٠	١٢٠
الريزوبيا(USDA110) *Bradyrhizobium japonicum*						
بيتموس	٢.٤	٥.٢	٤٢.٠	١٦.٠	١٢.٠	٨.٠
سماد عضوي صناعي	١.٢	٢.٢	٦٦.٠	١٢.٠	٩.٠	٦.٠
سماد عضوي صناعي + فيرموكيوليت(١:١)	٠.٨	٣.٦	٢٢.٠	١٨.٠	٦.٠	٢.٠
الازوتوباكتر Azotobacter chroococcum						
بيتموس	٢.٢	٢.٤	١٦.٠	٦٠.٠	٤٠.٠	٣٢.٠
سماد عضوي صناعي	١.٦	٢.٢	١٤.٠	٨٠.٠	٣٦.٠	١٨.٠
سماد عضوي صناعي + فيرموكيوليت(١:١)	٢.٤	٨.٦	٢٠.٠	٤٠.٠	٣٠.٠	٢٤.٠

البكتيريا المذيبة للفوسفات *Bacillus megaterium*						
بيتموس	٤.٢	٦.٤	٨٠.٠	١٢.٠	٦.٠	٤.٠
سماد عضوي صناعي	٢.٨	٤.٤	٦٠.٠	١٨.٠	٥.٠	٣.٠
سماد عضوي صناعي + فيرموكيوليت(١:١)	٢.٢	٣.٦	٤٠.٠	١٤.٠	٣.٣	٢.٢

أكثار الميكروب والظروف المحيطة بإنتاجه وطرق استخدامه :

وتشتمل هذه الخطوات علي مجموعة من الإجراءات هي :-

- إختيار السلالات المناسبة.
- إختيار بيئة الإنتاج المناسبة.
- عمليات التخمير.
- طرق إستخدام اللقاح الميكروبي.

١. إختيار السلالة المناسبة :-

يتوقف إختيار السلالة المطلوبة للإنتاج علي مدى توفير المواصفات التي يجب أن تتميز بها، **وعموما يمكن إيجاز هذه المواصفات فيما يلي :-**

١- أن تكون السلالة المنتقاة قادرة علي المنافسة طوال فترة بقائها في التربة تحت الظروف البيئية السائدة.

٢- أن تكون السلالة المنتقاة قادرة علي البقاء حية تحت بعض الظروف الطبيعية غير الملائمة والتي قد تتعرض لها مثل الحرارة والجفاف وغيرها.

٣- قابلية السلالات المنتقاة للبقاء حية عن طريق التغلب علي بعض عوامل الإجهاد والضغط التي قد تتعرض لها مثل حموضة التربة وقلويتها غير المناسبين وكذلك الملوحة والتركيزات العالية من بعض العناصر الضارة مثل الألومنيوم والمنجنيز بالإضافة إلي مبيدات الآفات.

٤- ثبات التركيب الوراثي للسلالات المنتقاة طوال فترة النمو والتخزين.

٥- عدم تأثر السلالة أو السلالات المنتقاة بالكيماويات التي قد تضاف للبذور بغرض حمايتها.

٦- تكون السلالة المنتقاة ذات كفاءة عالية من حيث النمو في البيئات المستخدمة وكذلك علي الحامل المستخدم.

٧- تكون السلالة أو السلالات المنتقاة ذات قدرة عالية علي توفير العنصر المطلوب والمستخدمة من أجله.

٨- قدرة السلالة أو السلالات علي مقاومة المفترسات والمتطفلات التي قد تتواجد في التربة.

٢. إختيار بيئة الإنتاج المناسبة:

البيئة الغذائية المثالية المناسبة للنمو الجيد للسلالة أو السلالات المختارة يجب أن تتلاءم مع الطبيعة الغذائية لمثل هذه السلالات وذلك عن طريق توفر مجموعة من الشروط لهذه البيئة يمكن إيجازها فيما يلي :-

١- يجب أن تحتوي علي مكونات تفي بجميع الإحتياجات اللازمة للميكروب مع مراعاة نسبة الـ C/N وكذلك ضبط الـ pH الملائم للميكروب.

٢- تعتمد في تركيبها علي مكونات رخيصة الثمن كلما أمكن ذلك وكذلك المركبات الثانوية by-products الناتجة من الصناعة.

٣- يراعي تأثير التعقيم علي سلامة البيئة مع مراعاة التغيرات التي قد تحدث من أثر التعقيم ومحاولة علاجها وعلي سبيل المثال فيجب إضافة مواد تنظم درجة الـ pH في البيئة والمحافظة عليها من أي تغيير سواء الناتج من تأثير التعقيم أو الراجع للنشاط الميكروبي بعد ذلك.

٤- للتغلب علي مشكلة تكون الرغاوي foams الناتجة أثناء عملية التخمير فإنه يجب إضافة مضادات الرغاوي antifoams حيث أنه في معظم العمليات الميكروبيولوجية فإن الرغاوي تسبب مشكلة يصعب حلها والتخلص منها إلا بإضافة مثل هذه المواد والتي هي عبارة عن مركبات كيماوية ذات تأثير فعال من حيث قدرتها علي تقليل التوتر السطحي مما يعمل علي التخلص من الرغاوي. ولكن ولسوء الحظ فن درجة التركيز المطلوبة من هذه المواد للتخلص من الرغاوي تقلل من معدل إنتشار الأكسجين في البيئة بأكثر من ٥٠ % ولذلك فإن الإضافة يجب أن تكون حدها الأدنى المطلوب للتغلب علي هذه المشكلة ،ولكن إذا كان هذا القدر سيؤثر سلبا في حركة إنتقال الأكسجين وإنتشاره في بيئة المزارع فيجب إستخدام الطرق الآلية كبديل مناسب للتخلص من الرغاوي.

ووفقا للشروط السابقة والتي يجب توافرها في البيئة المناسبة فإن هذه البيئة المستخدمة لتنمية السلالات المختارة يجب أن تحتوي علي مصادر مناسبة من كل من الكربون والنيتروجين وكذلك إحتياجاتها من المعادن والأملاح مثل كلوريد الصوديوم وفوسفات البوتاسيوم وكبريتات الماغنسيوم وغيرها حسب إحتياج الميكروب المنمى.

وعموما فقد وجد أن المانتيول وكذلك السكروز يستخدمان كمصادر تقليدية للكربون في مثل هذه البيئات وإن وجد أن إستخدام الجليسرول يعتبر مصدرا أكثر ملائمة للكربوهيدرات خاصة لإستعمال الميكروبات بطيئة النمو حيث وجد أن الوقت الحالي Generation time لهذه الميكروبات يكون أقصر عنه في حالة إستخدام المانيتول أو السكروز. كما وجد أنه يمكن إستخدام مستخلص الخميرة Yeast extract كمصدر وحيد لكل من الكربون والنيتروجين بالإضافة إلي الفيتامينات وعوامل النمو مع ملاحظة أن إستخدام تركيزات عالية من مستخلص الخميرة قد تسبب تثبيط لنمو الميكروبات .

ويجب مراعاة الجانب الإقتصادي من حيث رخص مكونات بيئة النمو وتوفرها محليا فقد وجد أنه يمكن لتحقيق هذا الهدف إضافة سائل منقوع الذرة corn steep liquor أو قشور البسلة pea husks أو أشطاء الشعير المستنبت أو الشرش وكذلك مستخلص الخميرة الصناعي خاصة في بيئات التخمير اللازمة لإنتاج لقاح الريزوبيا علي المستوى التجاري. ويلاحظ أن كل هذه المواد تعتبر منتجات ثانوية by-product للعمليات الصناعية أى أنها رخيصة الثمن إلي حد كبير ومتوفرة محليا بالإضافة إلي أنها تستخدم كمصادر جيدة لكل من الكربون والنيتروجين وعوامل النمو.

٣- عمليات التخمير:

يجب مراعاة حجم الأوعية المستخدمة في عمليات التخمير وحيث تكون مناسبة لعمليات اللقاح المطلوبة، وقد وجد أنه في حالة الإنتاج المعملي بكميات صغيرة يمكن إستخدام دوارق للإنتاج مع تعريضها للرج طوال فترة الحضانة، أما في حالة الإنتاج المتوسط فيمكن إستخدام مخمرات ذات أحجام متوسطة تختلف قطعا عن تلك المخمرات الضخمة التي يمكن إستخدامها للإنتاج التجاري. وعموما فعند إنتاج اللقاحات في دوارق فإنه حتى الوصول إلي الإنتاج الأمثل من الكتلة الميكروبية الحيوية يجب دراسة الظروف الفسيولوجية المرتبطة بالإنتاج.

الطرق العامة لإعداد بعض اللقاحات الميكروبية الهامة:

إن اللقاحات الحيوية هي عبارة عن مستحضرات تحتوي علي كائنات حية دقيقة قادرة علي إمداد النباتات بالعناصر الغذائية اللازمة لها من مصادر طبيعية مما يعمل علي تقليل الإعتماد علي الأسمدة الكيماوية المختلفة.

تعتمد اللقاحات الحيوية في تحضيرها علي لقاحات ميكروبية تستخدم في تلقيح الكثير من النباتات مثل لقاحات الريزوبيا المستخدمة في تلقيح البقوليات و لقاحات الطحالب الخضراء المزرقة (السيانوبكتيريا) المستخدمة في تلقيح حقول الأرز ولقاحات الأزوتوباكتر والأزوسبيريلا المستخدمة في تلقيح محاصيل الحبوب وغيرها وأيضا لقاحات الميكوريزا اللازمة لإمداد الكثير من النباتات بالفسفور الميسر وغيره من العناصر الهامة، بالإضافة إلي العديد من اللقاحات الميكروبية الأخرى والتي تحتوي علي أنواع من الميكروبات القادرة علي تيسير الكثير من العناصر اللازمة لتغذية النبات. في عام ١٨٨٨ م تمكن أحد العلماء من عزل بكتيريا الريزوبيا من نبات بقولي وأصبح إستخدامها علي المستوى التطبيقي في تزايد مستمر منذ ذلك الوقت. ولكن لسوء الحظ فإن إستخدام مثل هذه اللقاحات كان محدودا بدرجة كبيرة في البلاد النامية لسبب أو لأخر، بينما أستخدمت بكثرة في الدول الأكثر تقدما. ولكن بعد تزايد المعرفة بأهمية هذه اللقاحات من جميع النواحي البيئية والإقتصادية والصحية وأجريت العديد من المحاولات في مصر وفي كثير من دول العالم الأخرى تهدف إلي تبسيط تكنولوجيا إنتاج مثل هذه الأسمدة المفيدة في الزراعة خاصة وإن طبيعة هذه اللقاحات تستلزم إنتاجها محليا لتلاءم الظروف البيئية المحلية من ناحية ولضمان المحافظة علي حيويتها من ناحية أخرى حيث أن ظروف النقل قد تؤثر علي حيوية الأسمدة المستوردة.

وإنتاج اللقاحات الحيوية قد يتم إما علي مستوى بسيط للإستخدام التجريبي في قطع حقلية تجريبية أو يتم علي مستوى الإنتاج التجاري وإن كان يتوقف علي بعض العوامل التي من أهمها:-

١. درجة إحتياجات السوق لمثل هذه اللقاحات.

٢. مدى توفر المواد الخام المناسبة.

٣. الإمكانيات المادية.

٤. الخبرات البشرية.

٥. درجة الوعي لدى المزارع بأهمية استخدام مثل هذه اللقاحات وهم المستهلكون الأساسيون لها ومدى قناعتهم بإمكانية إستبدال الأسمدة الكيماوية ولو جزئيا بهذه البدائل الطبيعية الهامة.

إختبار جودة المخصب الحيوي

حيث يتم تقييم اللقاحات الميكروبية أثناء وبعد عملية الإنتاج وذلك بأخذ عينات عشوائية لتقدير حيوية وأعداد الميكروبات في المخصب.

التعبئة والتخزين وإختبار جودة اللقاحات الميكروبية:

عند الرغبة في إعداد لقاح بإستخدام حوامل غير معقمة مثل البيت (أو غيره من الحوامل الأخرى) فإنه يتم طبقا للخطوات الآتية:-

١. تضبط درجة pH للبيت عند ٦.٥ – ٦.٨.

٢. ترش المزرعة السائلة علي البيت ثم يتم خلط المزرعة والحامل جيدا بواسطة مقلب مناسب.

٣. تحفظ الرطوبة عند ٤٠ %.

٤. بعد الخلط وضبط الرطوبة يفرد البيت الملقح في طبقة رقيقة (٢٥ – ٣٠ سم سمكا) علي صواني أو أحواض ضحلة لمدة ٤٨ – ٧٢ ساعة علي درجات حرارة مابين ٢٥ – ٢٨°م.

٥. ينعم اللقاح بالطحن ليعطي خليط ناعم متجانس سهل التعبئة.

٦. تتم التعبئة في أكياس بولي إيثيلين رقيقة الجدر ويستخدم البولي إيثيلين في التعبئة نظرا لأنه:-

أ- ذات قدرة عالية علي الإحتفاظ بالرطوبة.

ب- يسمح بتبادل الغازات.

ت- يسهل لصقه بالحرارة.

ث- يتحمل التداول وظروف النقل.

ج- يمكن بسهولة طبع أية معلومات أو إرشادات تتعلق بطريقة الإستعمال عليه.

٧. تتراوح الكمية المخزنة من اللقاح لكل كيس ما بين ٤٠ جم – ٢.٨ كجم ويعتمد ذلك علي شكل اللقاح المنتج.

أما في حالة الرغبة في إنتاج لقاحات تستلزم حوامل معقمة فإن المزرعة السائلة الناتجة من عملية التخمير يتم إضافتها إلي الكيس المحتوي علي الحامل المعقم عن طريق ثقب الكيس بواسطة إبرة مجوفة ونقل الحجم المطلوب من المزرعة بإستخدام سرنجة أوتوماتيكية متصلة مباشرة بالمخمر. وعلي عكس طريقة الحامل غير المعقم فإن مستوي الرطوبة هنا قد يصل إلي أعلي من ٦٠% حيث يمكن للريزوبيا الملقحة في البيت المعقم أن تتحمل هذه النسبة من الرطوبة دون أن تؤثر علي كفاءتها.

أما بالنسبة لعملية التخزين فقد وجد أن العامل المؤثر علي كفاءة هذه العملية هو درجة الحرارة كما وجد أن تأثير درجة حرارة التخزين علي حيوية لقاح الريزوبيا يعتمد علي:-

أ- نقاوة المزرعة البكتيرية.

ب- درجة فقد الرطوبة أثناء التخزين.

ت- نوع أو سلالة الريزوبيا.

وعموما فقد وجد أن المزارع النقية للريزوبيا المحملة علي البيت المعقم يمكن أن تخزن لمدة ٦ شهور علي درجة حرارة ٤°م مع إحتفاظها بحيويتها ويجب أن يخزن اللقاح تحت ظروف جيدة بالإضافة إلي درجة الحرارة المنخفضة ،كما يجب تداوله أيضا تحت ظروف جيدة فلا يعرض لأشعة الشمس لمدة طويلة كما يجب إستعماله داخل فترة صلاحيته حتى لا تفقد الميكروبات كفاءتها وبالتالي لا يتحقق الغرض التي تستخدم من أجله. ويتم إختبار جودة اللقاح أثناء وبعد عملية الإنتاج وقبل التلقيح وذلك بتقييم اللقاح من الناحيتين الكمية والنوعية بتقدير أعداد الميكروبات المحملة وكذلك بالتعرف علي أنواع الميكروبات المحملة وكذلك بالتعرف علي أنواع الميكروبات في اللقاح . ففي حالة الريزوبيا مثلا وجد أن أقل عدد مطلوب لضمان تعقيد جيد هو ٢ × ١٠^{٦} خلية /لقاح أو ما يعادل ٣٠٠ خلية / بذرة ملقحة ومن ناحية أخري فقد وجد أن زيادة الأعداد عن ذلك (١٠^{٤} – ١٠^{٦} / بذرة) يكون أفضل خاصة وأنه يوجد درجة من التنافس بين السلالات الملقحة والسلالات الأصلية التي تستوطن التربة وزيادة عدد البكتيريا الملقحة يضمن الزيادة في كفاءتها ، وإن كان من الصعب التحكم في نوعية اللقاحات في البلد الواحد خاصة عند تعدد المنتجين علي المستوي التجاري وكذلك منتجي القطاع الخاص.

إختبار عينة التربة المنقولة كلقاح لمعرفة عدد الجراثيم لكل جرام تربة يتم إجراؤها طبقا للخطوات التالية:-

١- يؤخذ حوالي ١ -٢ كجم من التربة القريبة من منطقة الجذور للعينة النباتية المتحصل عليها وتوضع في جردل من البلاستيك ويملئ بالماء مع تقليب التربة بإستمرار.

٢- تترك العينة لبضعة دقائق وذلك لكي تترسب حبيبات التربة ذات الأحجام الكبيرة وكذلك البقايا النباتية في القاع.

٣- يؤخذ الجزء الطافي ويمرر علي مجموعة من المناخل أحجامها تتراوح ما بين ٣٨ ــ ٢٥٠ فتحة في المليمتر المربع الواحد.

٤- تجمع الجراثيم وحبيبات التربة التي تجمعت علي سطح المناخل وتوضع في زجاجات عينات في صورة معلق ويوضع في الثلاجة علي درجة حرارة ٥م° لحين فحصها.

٥- يؤخذ عينة من معلق الجراثيم المحفوظة في الثلاجة وليكن ١مل ويوضع علي ورق ترشيح معين ويتم شفط الماء بواسطة مضخة ماء ثم تعد الجراثيم علي الورق بواسطة ميكروسكوب من النوع Binoculer ويمكن حساب عدد الجراثيم في الجرام الواحد من التربة للحكم علي كفاءتها كلقاح .

كيفية إستخدام المخصبات الحيوية:-

لكي يتم إستخدام المخصبات الحيوية بطريقة جيدة وسليمة لابد من التعامل معها بعيدا عن ضوء الشمس المباشر ولابد من ري الأرض مباشرة عقب تلقيحها بالمخصب، وألا يستخدم مخصب قد مضي علي تجهيزه فترة طويلة، لأن لكل كائن حي دورة حياة وعند تجهيز المخصب يجهز في أفضل وقت لنشاطه وتركه لمدة طويلة بعد التجهيز يعرضه للدخول في مرحلة الموت وبالتالي نقص النشاط وقد لا يوجد نشاط بالمرة.

طرق إستخدام اللقاح الميكروبى:-

يشتمل اللقاح الميكروبي علي السائل الناتج من عملية التخمير والذي يحتوي علي الخلايا المنتجة وكذلك ما تبقي ذائبا في الماء من مكونات البيئة وعموما فهذا اللقاح يمكن إستخدامه بطريقتين هما:-

أ- في الصورة السائلة:

حيث يستعمل السائل كما هو كلقاح، وتتميز هذه الطريقة بأن معدل التلقيح يكون أفضل حيث توجد وفرة من الخلايا، ولكن يعيب هذه الطريقة ما يلي:-

i- صعوبة التخزين.

ii- صعوبة التوزيع.

iii- إنخفاض كفاءة اللقاح سريعا.

iv- تحتاج لعبوات كبيرة الحجم وكثيرة.

ويمكن التغلب علي هذه العيوب بإنتاج اللقاح السائل بأحجام كبيرة علي المستوي الصناعي ثم تعريضه للطرد المركزي للحصول علي مركزات أو عجائن من الخلايا يمكن تجميدها وحفظها مجمدة أو نقلها بسهولة من مكان لأخر وعند الرغبة في إستخدامها تذاب مرة أخري وتستعمل كلقاح سائل.

ب- في صورة صلبة:

في نهاية عملية التخمير فانه عادة ما يخلط ناتج التخمير مع حامل carrier يتركب من مواد مطحونة ناعمة.

طريقة إضافة وإستخدام المخصبات الحيوية المحملة:

يتم إضافة المخصب الحيوي المحمل إما علي البذور (التقاوي) أو إلي التربة ويستخدم في الحالتين كما يلي:-

أ- في حالة تلقيح البذرة (التقاوي):-

يتم تلقيح التقاوي المستخدمة في زراعة فدان واحد بعبوة واحدة علي الأقل من المخصب الحيوي المستخدم حيث أن العبوة تكفي لكمية التقاوي المستخدمة وإن كانت زيادة كمية اللقاح لا ينشأ عنها أية أضرار بل علي العكس فإنها تفضل في كثير من الحالات لمواجهة المنافسة التي قد تنشأ من السلالات المستوطنة في التربة المزروعة أي أنه يمكن إستخدام عبوة أكثر من المخصب الحيوي لكل فدان، ويتم ذلك بفرد التقاوي علي مفرش بلاستيك نظيف أو توضع في وعاء نظيف خالي من أي مبيدات أو مطهرات أو مواد سامة ويضاف إليها محلول صمغي من أي مادة لاصقة مناسبة مثل الصمغ العربي أو النشا أو الكربوكسي ميثيل سليلوز ثم يضاف

المخصب الحيوي وتخلط المكونات خلطا جيدا مع التقليب حتى يتم التجانس بقدر الإمكان ثم تترك قليلا لتجف مع عدم تعرضها للشمس وذلك بإجراء هذه العملية تحت مكان ظليل ،وبعد ذلك تتم الزراعة مباشرة وتروي الأرض في الحال.

ب- في حالة تلقيح التربة:

إذا لم تتيسر طريقة الخلط للمخصب الحيوي مع التقاوي لأي سبب من الأسباب فيخلط المخصب بكمية من الرمل أو التراب تكفي لنثرها في المساحة المراد زراعتها والمراد تلقيحها بالمخصب المستخدم وبعد نثر المخلوط تروي الأرض مباشرة، ويفضل أن يتم الخلط أيضا في هذه الطريقة في الظل بعيدا عن أشعة الشمس المباشرة ومما سبق يلاحظ ضرورة مراعاة إحتياطات معينة لضمان نجاح عملية التلقيح وأهم هذه الإحتياطات يمكن إعادة أجمالها في ما يلي :-

١- يجب أن تتم عمليات الخلط بعيدا عن ضوء الشمس المباشر.

٢- يجب ري الأرض مباشرة عقب تلقيحها بالمخصب الحيوي المستخدم.

٣- إستخدام مخصب حديث ومازال في فترة صلاحيته ولا يستخدم مخصب إنتهت مدة صلاحيته أو مر علي تجهيزه وإعداده فترة طويلة لأنه من المعروف أن لكل كائن حي دورة حياة وإذا ترك لفترة طويلة بعد تجهيزه وقبل إستخدامه فإن ذلك قد يعرضه للدخول في دور الموت أو علي الأقل نقص النشاط مما يؤثر في كفاءة عملية التسميد.

٤- إستخدام كمية كبيرة من اللقاح بحيث تغطي إحتياجات التقاوي بالمعدل الموصي به ولا ضرر من مضاعفة كمية اللقاح حيث أن ذلك يكون فائدة كبيرة للتغلب علي كثير من المشاكل التي تعترض نشاط الميكروبات الملقحة في التربة.

٥- إختيار الطريقة المناسبة للتلقيح سواء بالتقاوي أو التربة.

طريقة إضافة المخصب الحيوي للتقاوي

يتم ذلك بطريقتين هما :-

١- يتم تلقيح التقاوي المستخدمة في زراعة الفدان حيث العبوة من كل مخصب تكفي لكمية التقاوي المستخدمة وإن كانت زيادة المخصب لا يوجد منها أي ضرر بل هي الأفضل أي يمكن إستخدام عبوة مخصب أو أكثر للفدان ويتم ذلك بتفريد التقاوي علي مفرش بلاستك نظيف أو توضع في وعاء نظيف خالي من المبيدات أو المطهرات.ويتم خلط المحلول الصمغي علي

التقاوي ثم تخلط محتويات عبوة المخصب علي التقاوي وتقلب جيدا حتى يتم توزيعها وخلطها بالتقاوي جيدا ثم تترك لتجف هوائيا، وبعدها تتم الزراعة مباشرة ثم تروي الأرض في الحال.

٢- إذا لم تنجح طريقة الخلط للمخصب مع التقاوي لأي سبب من الأسباب يخلط المخصب بكمية من الرمل أو التراب تكفي لنثرها في المساحة المراد زراعتها أي المراد إضافة كمية المخصب هذه لها ثم تروي الأرض مباشرة ويفضل أن يكون الخلط في الظل بعيدا عن أشعة الشمس المباشر.

الفصل الثاني

تثبيت نيتروجين الهواء الجوى في التربة الزراعية Nitrogen fixation in soil

المقصود بعملية التثبيت الحيويBiological fixation هو إستخدام نيتروجين الهواء الجوي بواسطة الميكروبات لبناء بروتوبلازم الخلايا الحية. والقدرة علي التثبيت بيولوجيا موجودة في عدد من ميكروبات بدائيات النواة Procaryota والتي تحتوي جميعها علي الإنزيم المثبت لنيتروجين الهواء الجوي وهو النيتروجينيز حيث يقوم بالتفاعل الأتي:

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow{\text{Nitrogenase}} 2NH_3$$

والأمونيا المثبتة داخل جسم الميكروب تمثل لبناء مواد بروتينية

$$NH_3 + (\text{glutamate}) \xrightarrow[\text{glutamic synthetase}]{\text{glutamine synthetase}} \text{amino acids} \xrightarrow{\text{Bio synthesis}} \text{Protein}$$

وفي الطبيعة فإن عملية تثبيت النيتروجين الجوي تلي عملية التمثيل الضوئي من حيث الأهمية لإستمرار الحياة علي الأرض. ويتم إنتاج الأمونيا في عملية التثبيت البيولوجية علي درجة الحرارة والضغط الجوي الموجود، ولكن في الطريقة الكيماوية الشائع إستخدامها وهي طريقة Haber Bosch فإن إنتاج الأمونيا بإستخدام نيتروجين الجو وأيدروجين الغازات الطبيعية يتم في موجود حرارة وضغط مرتفعين مع عوامل مساعدة حسب المعادلة:

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow[\text{500°C at 250 atm.}]{\text{Ferric oxide}} 2NH_3$$

ونظرا للإرتفاع السريع في أسعار الإنتاج السنوات الأخيرة، فان الإتجاه الآن هو محاولة الإستفادة الكاملة من عملية التسميد البيولوجي للحد من إستعمال الأسمدة المعدنية الأزوتية التي أصبحت أسعارها في غير متناول اليد، كما يسبب الإفراط في إستعمالها تلوثا للمياه والأراضي.

ولبيان الأهمية الإقتصادية لعملية التثبيت البيولوجي في محصول زراعي واحد مثل الفول البلدي، فإنه يفرض أن عملية التثبيت توفر ٦٠ وحدة أزوت / فدان، ثمنها ٨٠ جنيها فإن الوفر الناتج من زراعة مليون فدان سيصبح ٨٠ مليون جنيه وينطبق القول علي المحاصيل البقولية الأخرى.

وقد قدر (Hardy, Burns and Holston,1973) كمية النيتروجين التي تثبتها الميكروبات من الهواء الجوي من10^8 - 10^9طن نيتروجين في السنة يتم تكوينها في التربة عن طريق دورة الأزوت الحيوية Biological nitrogen cycle لتعوض ما فقد من هذا

العنصر الهام وطبقا للإحصائيات الحديثة فإن ما يزيد عن ٩٠ % من نيتروجين التربة في العالم يسترجع ثانيا عن طريق عمليات التثبيت الحيوية Biological fixation بواسطة الميكروبات أما ما يثبت عن طريق غير الميكروبات فيقدر بحوالي ٠.٥ % بواسطة البرق.

طرق تثبيت النتروجين الجوي

١-التثبيت البيولوجي للنيتروجين

هناك أنواع مختلفة من الكائنات الحية الدقيقة تكون قادرة على إختزال النيتروجين الجوي إلى آمونيا في الظروف الحرارة والضغط للتربة، وهذه الكائنات الحية الدقيقة تلعب دورا مهما في دورة النيتروجين في الطبيعة، وذلك عن طريق تحويل النيتروجين الجزيئي إلى نيتروجين عضوي وبهذا يصبح النتروجين الجوي جاهزا لكائنات حية أخرى. وتسمى هذه العملية بتثبيت النتروجين بيولوجيا. إن كمية النتروجين المثبتة بيولوجيا بمقياس العالم ككل إذ تقرب من ١٧.٢*١٠^٧ طن في العام الواحد. والكائنات الحية الدقيقة القادرة على تثبيت النتروجين بيولوجيا يمكن تقسيمها إلى:

آ- الكائنات الحية الدقيقة ذات المعيشة الحرة في التربة Non symbiotic microorganisms

التكافل هو العلاقة التي يحدث فيها تبادل منفعة بين شريكين مختلفين ينموان معاً في إرتباط وثيق. هذه الكائنات تشمل عددا من أنواع البكتريا ومن أهمها *Azotobacter*، *Beijernckia*، وبعض سلالات *Clostridium* وأنواع أخرى من البكتريا مثل *Achromobacter* و *Pseudomonas* وكذالك تقوم طائفة من فطريات التربة والطحالب الخضراء المزرقة بتثبيت النتروجين أيضا.

ولقد وجد من البحوث والدراسات بأنه على الرغم من قلة كميات النيتروجين المثبتة بواسطة هذه الكائنات إلا أنه وجدت زيادة في حاصل النباتات غير البقولية التي يجري تلقيح بذورها ببكتريا الأزوتوباكتر نتيجة لتثبيتها للنيتروجين الجوي.

ب- الكائنات الحية الدقيقة ذات المعيشة التكافلية Symbiotic microorganisms

أصناف من الكائنات الحية الدقيقة ذات حياة تعايشية مع النباتات الراقية. ومن خلال هذه العلاقة التعايشية تقوم هذه الكائنات بتجهيز النتروجين المثبت بوساطتها إلى النبات المضيف الذي

بدوره يجهز الكربوهيدرات لها، ومنها أصناف الـ *Rhizobium* والـ Actinomyces (*Frankia*).

إن كمية النيتروجين المثبتة بواسطة الكائنات الحية الدقيقة ذات المعيشة التكافلية أعلى بكثير من كمية النيتروجين المثبت بواسطة الكائنات ذات المعيشة الحرة.

وإن معدل تثبيت المحاصيل البقولية للنيتروجين يبلغ أقصاه عندما يكون محتوى التربة منه أقل ما يكون عليه وهذا لا يعني بعدم نصح الفلاح بإضافة كمية قليلة من الأسمدة النتروجينية عند زراعة المحاصيل البقولية وذلك لأن وجود كمية كافية من النيتروجين لسد إحتياجات البادرات الصغيرة يؤدي إلى إكمال نمو وتكوين وزيادة نشاط العقد الجذرية التي تبدأ بعد ذلك بتثبيت النيتروجين الجوي وتسمى هذه الكمية الصغيرة من النيتروجين التي تضاف للمحاصيل البقولية عند الزراعة بالكمية المشجعة أو الدافعة للنمو.

٢- النيتروجين الجوي المثبت بوساطة تفريغ الشحنات الكهربائية في الجو (البرق):

إن تفريغ الشحنات الكهربائية يؤدي إلى أكسدة النيتروجين الجزيئي الجوي إلى نترات تصل إلى التربة مع المطر. وتكون الكمية المثبتة من النيتروجين بهذه الطريقة في التربة قليلة جداً وتقدر ببضع كيلو جرامات على شكل نترات في الهكتار الواحد في السنة الواحدة وتحت الظروف المناخية المعتدلة. وفي الظروف الإستوائية لا تزيد الكمية المثبتة على عشرة كيلو جرامات من النيتروجين بالهكتار الواحد في السنة الواحدة ولكنها أكبر من الكمية المثبتة تحت الظروف المناخية المعتدلة.

٣- النتروجين الجوي المثبت بالصناعة الكيمياوية:-

إن صناعة الأسمدة الكيمياوية تعتمد بصورة كبيرة على إستغلال النيتروجين الموجود في الجو وتحويله إلى صورة مركبات كيمياوية عن طريق التثبيت الصناعي ويمكن بعد ذلك للنبات أن

يستفيد منه على شكل سماد يضاف إلى التربة ويعد تثبيت غاز النتروجين الموجود في الجو صناعياً إلى غاز الأمونيا مفتاحاً لصناعة الأسمدة الكيميائية.

الميكروبات المثبتة للأزوت الجوي:-

هناك العديد من الكائنات الحية الدقيقة والتي تتمكن من إستخدام نيتروجين الهواء الجوي وذلك إما أثناء معيشتها علي حالة حرة بالتربة أي لاتكافلياً أو أثناء معاشرتها تكافلياً مع أحد النباتات الراقية ويستدل علي إمكانية تثبيت الأزوت الجوى لاتكافليا بتنمية الميكروبات على منابت غذائية ليس بها مصدر نيتروجين. والنمو هنا يدل على إنها تثبت النيتروجين الغازي وتنقسم الميكروبات المثبتة للأزوت الجوى إلى مجموعتين على حسب معاشرتها للنبات أى هي تعيش تكافلية معه وتكون عقدا جذرية تمد النبات من خلالها بالنيتروجين المثبت بهذه العقد مقابل حصولها على غذائها من النبات وإن كان أهمها المكونة للعقد الجذرية مثل الرايزوبيا وكذلك الفرانكيا، أو إنها تعيش معيشة حرة في التربة وتثبت النيتروجين أى لا تعتمد على النبات في غذائها وهى مثل الطحالب الخضراء المزرقة.

والأزوت الجوى المثبت حيوياً يقدر بحوالي ١٧٥ مليون طن/عام تقريباً أو بنسبة ٧٠% من الكمية الكلية للأزوت المثبت كل سنة ويعطى تثبيت الأزوت الجوى تكافلياً أكثر من النصف والباقي من الميكروبات التي تعيش معيشة حرة في التربة ثم تتحلل خلايا هذه الميكروبات وينطلق الأزوت في صورة حرة قابلة للإمتصاص بواسطة النبات.

ولذلك تنقسم الميكروبات التي تثبت النيتروجين الجوي إلي مجموعتين هما:-

المجموعة الأولي ... تثبيت النيتروجين الجوى تكافليا:-

عرف منذ زمن بعيد أن للنباتات البقولية أثر كبير في خصوبة التربة ووفرة المحاصيل الأخرى التي تزرع عقب البقوليات حيث يتم تثبيت النيتروجين الجوي بواسطة بكتريا العقد الجذرية لجنس الريزوبيا داخل العقد ولذلك سنوضح أنواع هذه البكتريا وطريقة تكوين العقد الجذرية حتى نبين كيفية تثبيت النيتروجين الجوي.

الميكروبات المثبتة للنيتروجين الجوي تكافلياً:-

هذه البكتريا من المعروف أنها تثبت النيتروجين الجوي في صورة تكافلية أو تعاونية مشتركة مع نباتات العائلة البقولية والتي تكون علي جذور هذه النباتات عقد جذرية تقوم من خلالها

بتثبيت غاز النيتروجين الجوي وتوصله للنبات كمصدر للنيتروجين مقابل حصول هذه البكتريا من عوائلها علي بقية العناصر الغذائية الضرورية واللازمة لنموها وتكاثرها ومن هنا تنشأ علاقة تبادل المنفعة بين هذه الميكروبات وعوائلها النباتية وتعتبر العقد الجذرية التي تظهر علي جذور هذه النباتات البقولية المقر أو المسرح الذي يشهد حدوث هذه العلاقة التعاونية وتثبيت النيتروجين الغازي.

وبالنسبة لبعض النباتات غير البقولية مثل أشجار الكازورينا فيتكون عقد جذرية بعد التلقيح بواسطة الفرانكيا (وهي تتبع مجموعة الأكتينوميسيتات) وهي تثبت حوالي ١٠٠ كجم أزوت /هكتار سنويا.

وبالنسبة للعقد علي الساق وجذر نبات الـ *Sesbania rostrata* وهي أنواع من السيسبان والبكتريا التي تستخدم هنا تسمي أزوريزوبيم وهذه البكتريا تثبت كميات كبيرة من الأزوت تصل إلي ٢٠٠ كجم أزوت /هكتار وتستخدم كسماد أخضر غني بالمواد العضوية وتعطي عائد جيد في حقول الأرز حيث تثبت حوالي ٦٠- ٨٠ كجم أزوت وتستخدم أيضا كعلف وفي صنع الورق.

<u>ميكانيكية تثبيت النيتروجين الجوي بواسطة الكائنات الحية الدقيقة ذات المعيشة التكافلية يمكن تبسيطها كما يلي:-</u>

١- بعد أن يتم تلقيح النباتات ببكتريا الرايزوبيوم، تبدأ هذه البكتريا بإختراق النبات عن طريق الشعيرات الجذرية وتستقر في خلايا هذه الشعيرات.

٢- تحيط البكتريا نفسها بجسم خيطي ينمو حتى يصل إلى نسيج قشرة الجذر، وبعد هذا تهاجر البكتريا عن طريق الجسم الخيطي إلى داخل خلايا القشرة الخارجية للجذر.

٣- عند هذه النقطة يبدأ تكوين العقد الجذرية وتكاثر الخلايا الملوثة. وفي هذه العملية تتحول البكتريا إلى Bacteriod الذي هو اكبر ٤٠ مرة من حيث الحجم من البكتريا الأصلية.

٤- يتزامن مع تكوين الـ Bacteriod تكون النظام الإنزيمي Nitrogenase وإنزيمات أخرى يحتاجها في عملية تثبيت النيتروجين.

٥- الـ Bacteriod يغلف بغشاء داخل خلايا الجذر، وهذا الغشاء يسيطر على عملية دخول وخروج المواد المشتركة في عملية تثبيت النيتروجين.

٦- سلسلة التنفس تقوم بتجهيز الـ ATP للنظام الإنزيمي والـ ferredoxin أو flivodoxin تقوم بتجهيز النظام الإنزيمي بالإلكترونات .

٧- النظام الإنزيمي nitrogenase الذي يتكون من معقدين للبروتين أحدهما يحتوي على الحديد والموليبديوم بنسبة ٩- ١ بالجزيئة الواحدة والأخر يحتوي على ذرة واحدة من الحديد بجزيء البروتين.

٨- الـ ferredoxin يجهز المعقد البروتيني الحاوي على الحديد بالإلكترونات والذي بدوره يقوم بنقلها إلى المعقد البروتيني الحاوي على الحديد والموليبديوم في النظام الإنزيمي.

٩- إن الأمونيا المتكونة من إختزال N_2 بواسطة النظام الإنزيمي nitrogenase تتحرر من الـ Bacteriod إلى خلايا النبات المضيف والتي تستعمل بعد ذلك في تكوين الأحماض الأمينية وتتحول إلى بروتينات داخل النبات.

المجاميع النباتية متبادلة التلقيح:

عند إستخلاص البكتريا العقدية من العقد الجذرية الموجودة على جذور أنواع النباتات البقولية وفحصها مجهريا تبدو متجانسة مظهريا لكن بالبحث الدقيق تبين أن التشابه المظهري يحفز تخصصاً فسيولوجياً دقيقاً بين سلالات البكتريا يتبع الأنواع المختلفة. بمعنى أن سلالات البكتريا يمكنها أن تتعايش مع جذور نباتات بقولية معينة ولقد أدت دراسة هذا التخصص إلى تقسيم النباتات البقولية إلى مجموعات يطلق عليها المجاميع النباتية متبادلة التلقيح حيث تضم كل مجموعة الأنواع البقولية التي تشترك في تكوين السلالات البكتيرية التي تتعايش مع بعضها في مجموعة تلقيحية واحدة تتدرج في نوع بكتيري واحد.

يوجد على كثير من جذور النباتات البقولية عقد جذرية يعيش بداخلها أنواع من البكتريا التابعة لجنسي *Rhizobium & Bradyrhizobium* وتعرف بإسم العقد الجذرية حيث تعيش هذه الميكروبات مع النباتات البقولية معيشة تكافلية Symbiosis فالنباتات يمد الميكروب بما يحتاجه من المواد العضوية وغير العضوية اللازمة له بينما تمد الميكروبات النبات بالمواد النيتروجنية وذلك بأن تثبت نيتروجين الهواء الجوى في النبات، وهذه الميكروبات تعيش حرة فى التربة أو على بيئات غذائية ولكنها ليس لها القدرة على تثبيت النيتروجين الجوى في كلتا الحالتين، حيث أن تثبيت النيتروجين مرتبط بالمعيشة المشتركة للنباتات والميكروب معآ.

وهذه الميكروبات عصوية قصيرة غير متجرثمة، سالبة لصبغة جرام، Mesophilic، ينمو جيدآ على بيئة المانيتول (مصدر الكربون) ومستخلص الخميرة، متحركة بأسواط. يظهر

الميكروب بالبيئات بشكل عصوي بينما يظهر بالعقد الجذرية بأشكال مختلفة متفرعة أو غير منتظمة (T, Y, L, X, V) وهى معروفة بالبكتيرويدات Bacteroides .

وتأثير تثبيت النيتروجين بالتكافل على النمو والمحصول والمحتوي البروتيني للنباتات البقولية ذو أهمية كبيرة فى الزراعة العملية و يمكن تلخيصها فى الأتى:

١- التأثير في النمو:

لكي تنمو النباتات البقولية نمواً طبيعياً يجب مدها بالنيتروجين وفي حالة غياب العقد يتحتم علي النبات الحصول علي جميع النيتروجين اللازم له من أملاح الأمونيوم و النترات في التربة. وفي الأراضي الفقيرة في النيتروجين تنمو النباتات البقولية الخالية من العقد ببطء و تظهر أوراقها صفراء، حتى أنها قد تموت من عدم كفاية النيتروجين.

٢- التأثير فى كمية المحصول والمحتوى البروتينى:

تنتج النباتات البقولية ذات العقد عادة محصول يحتوي علي نسبة أعلي من البروتين عن النباتات المماثلة الخالية من العقد و النامية في نفس الوقت تحت الظروف المتشابهة وهذا صحيح فقط عندما تكون البكتريا قادرة علي التكافل مع النباتات بطريقة فعالة، وتظهر الإختلافات في المحصول والمحتوي البروتيني بدرجة كبيرة في الأراضي الفقيرة في النيتروجين ولكنها قد تكون طفيفة جدا في الأراضي الغنية بالنيتروجين.

تلقيح البذرة و التربة:

التلقيح هو العملية التي تضاف فيها بكتيريا العقد الجذرية إلي بذور النباتات البقولية أو إلي التربة والغرض من هذه العملية هو إضافة مقدار كبير كاف من النوع المناسب من بكتيريا العقد الجذرية في الموضع الذي يسمح لها بأن تصيب جذور بعض محاصيل النباتات البقولية الخاصة بها. وتوجد طريقتان للتلقيح:-

١- طريقة نقل التربة

و تتم هذه العملية بطريقتين:

الأولي... هو نقل كمية من التربة حوالي ٥٠٠ رطل من أرض سبق زراعتها بمحصول بقولي تكون عليه عقد و تنثر هذه التربة علي مساحة فدان تقريبا و يجب أن توزع التربة بإنتظام و تخلط بأسرع ما يمكن.

الثانية... فهي خلط كمية من التربة محتوية على بكتريا العقد الجذرية المرغوب فيها بالماء ثم يخلط معلق التربة بالبذور خلطا جيدا و تجفف قبل زراعتها.

وطريقة نقل التربة للتلقيح لها عدة مساوئ:-

- عدم التأكد من إحتواء التربة على عدد كبير كاف من بكتريا العقد الجذرية.
- أن تكون سلالات البكتريا التي تحتويها التربة ليس لها أثر فعال.
- قد تنتقل معها أيضا الآفات الحشرية وبذور الحشائش والميكروبات المسببة للأمراض.

٢- طريقة المزرعة:-

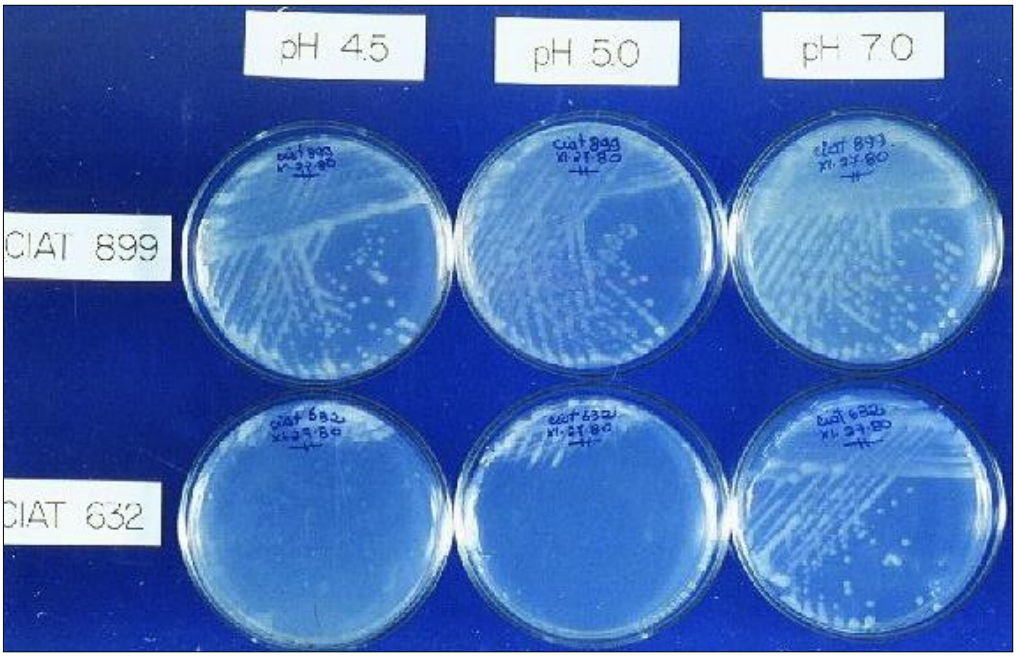
وهى أنسب طريقة للتلقيح وتتلخص في إضافة مزرعة من نوع مناسب من البكتريا إلى البذور قبل زراعتها مباشرة وهنالك ثلاث صور من المزارع يمكن إستخدامها:-

أ- المزارع السائلة... وتحتوى هذه المزارع على معلق من بكتريا العقد الجذرية التي تخفف بكمية مناسبة من الماء ثم تخلط جيداًً بالبذور التي تزرع بأسرع ما يمكن بعد جفافها.

ب- مزارع الأجار ... تجهز هذه المزارع في زجاجات تحتوى على منبت من الأجار تنمو عليه البكتريا ويضاف الماء لغسل البكتريا من على سطح الأجار ويخلط جيداًً مع البذور معلق بكتريا العقد الجذرية المتحصل عليه وتجفف البذور الملقحة وتزرع بأسرع ما يمكن.

ج- مزارع مادتها المالئة صلبة ... وهذه المادة المالئة قد تكون رملاًً أو أي مادة أخرى وتوزع عليها البكتريا وتخلط هذه المزارع بالماء ويخلط المعلق المتكون عليه بالبذور التي تزرع بعد جفافها.

مزارع سلالات الريزوبيا



وعموما فيجب أن تكون المزرعة جيدة محتوية على سلالات فعالة وكذلك يجب أن تحتوى على عدد كبير من بكتريا العقد الجذرية وأن تكون حديثة التحضير.

وفى المتوسط يثبت المحصول البقولي الحامل للعقد تحت الظروف المناسبة متكاملا مع البكتريا في العقد الجذرية من ٥٠ - ١٠٠ رطل نيتروجين للفدان كل سنة.

هذا، ويعكف الآن مجموعة من العلماء على دراسة جينات البقوليات والـ *Rhizobium* خاصة تلك التي تستحث أثناء التكافل إذ أن الإتصالات التي تتم بين النبات والريزوبيا خلال تكوين العقد وإستمرارها يقدم فرصاً معرفية جديدة لدراسة نقل الإشارات في أجهزة النبات. إذ وجد أن عملية تكوين العقد يتم تنشيطها عن طريق إشارات من جذور النباتات وكنتيجة لذلك تخلق البكتريا وتكون إشارات تستحث النسيج المرستيمى لتكوين العقدة بما يمكن البكتريا من إختراقه من خلال خيط إصابة يقوم النبات بتكوينه Plant-made infection thread. والإشارات الكيميائية المخلقة بواسطة البكتريا إنما هي مبنية على حمض أميني معدل modified وهو (homoserine lactone) يحمل سلسلة أسيل acyl chain متنوعة ويسمى acyl homoserine lactones(AHLs). وعن طريق الكشف عن هذه المواد وتفاعلاتها تستطيع الخلية النباتية أن تشعر بعدد وحدات الخلايا البكتيرية المحيطة بها وهل هي كافية أم لا

بحيث تبدأ إستحثاثا بالإنقسام بطريقة تسمح بتكوين خيوط الإصابة التي ستتحول لاحقاً لعقد جذرية ويسمى هذا بالـ "Quorum sensing".

وتعتبر دراسة الـ "Quorum sensing" القائمة على AHL ذو أهمية بالغة في فهم العلاقات بين الطفيل والعائل. ونجد أن البكتريا تقوم داخل النسيج المرستيمى للعقدة nodule meristem بإستحثاث جينات متخصصة مطلوبة لتثبيت النيتروجين. كما يتم داخل العقدة وخيط الإصابة nodule and infection thread إنتاج مواد من النبات تشتمل على جليكوبروتينات وجليكوليبيدات. وقد تم عزل مضادات الأجسام أحادية النشاط المتخصصة monoclonal antibodies للعمل ضد هذه المواد (جليكوبروتينات وجليكوليبيدات) ويتم إستخدامها في تحليل المواد التي يخلقها النبات ذات الأهمية في تكوين العقد. وقد تم تعريف جينات محددة تم إستحداثها خلال التكافل مابين البسلة والعقد الجذرية وقد قدمت تصورات جديدة عن أدوار المنتجات المتنوعة المفرزة بواسطة النبات والتي تحكمها الجينات خلال عملية الإصابة.

ولهذه الأبحاث علاقة مباشرة على تطوير وتحسين التحكم في عملية تثبيت النيتروجين الجوى بواسطة العقد البكتيرية، ويعتبر أداة ممتازة في دراسات الخلايا البيولوجية وفى مجالات دراسة العلاقة المتبادلة بين النبات والميكروب (Cell biological studies and plant-microbe interactions). كما وجد أن بكتريا *Rhizobium leguminosarum* تفرز بروتين يمسك بالكالسيوم Ca^{2+} binding protein يرجح أنه يتفاعل مباشرة مع الأغشية الخلوية للجذر (root cell membrane) بما يحفز عملية تكوين العقدة. وسوف يتم تحليل للآلية التي يتم بها إفراز هذا البروتين المقيد للكالسيوم عن طريق تحديد الجينات الحاملة للشفرات المرتبطة بنقل البروتينات.

ومنها ما هو متخصص لمحصول بعينه ومنها ما هو غير متخصص بل يصلح لجميع المحاصيل وقد تم إختيارها وفقا لمعايير الكفاءة في التثبيت وموافقتها لظروف التربة المصرية والسيادة علي السلالات الأخرى المنافسة لها مثل لقاحات الريزوبيا للبقوليات والتي بدأ تسويقها علي نطاق تجاري منذ سنوات طويلة وتستعمل كلقاحات للتربة والبذور في بلاد كثيرة من العالم.

أشكال مختلفة للعقد الجذرية

مقارنة ما بين ال *Rhizobium and Bradyrhizobium*:

١) جنس الـ *Rhizobium* :

سريعة النمو Fast growing على بيئة أجار مانيتول مستخلص الخميرة، تكون عقد في جذور بقوليات المناطق المعتدلة، عادة تفرز أحماض في البيئة ومن أمثلتها بكتريا مجموعة البرسيم الحجازي (متوسط عمر الجيل بها حوالي ٤ ساعات ويصل أقصى نمو بعد ٤٠ – ٧٠ ساعة).

٢) جنس الـ *Bradyrhizobium* :

بطيئة النمو Slow growing على بيئة أجار مانيتول مستخلص الخميرة، تكون العقد في جذور بقوليات المناطق الحارة وبعض بقوليات المناطق المعتدلة، عادة تفرز مواد بالبيئة لها تأثير قلوي. ومن أمثلتها بكتريا اللوبيا Cowpea(ومتوسط عمر الجيل بها حوالي ١٠ ساعات (٦ – ١٢ ساعة) ويصل أقصى نمو بعد ١٠٠ – ١٩٠ ساعة).

التخصص في البكتريا العقدية :

لكل نبات أو مجموعة من النباتات البقولية نوع معين يكون العقد عليه أما باقي الأنواع فإنها غير قادرة على غزو هذا النبات أو قد يغزوه ولكنها تكون عقد ضعيفة غير قادرة على تثبيت النيتروجين. وقد قسمت النباتات البقولية إلى ٢١ مجموعة ولكن ٧ منها ذات الأهمية الإقتصادية وهى:

اسم المجموعة	نوع البكتريا	النباتات التي تضمها المجموعة
أ) مجموعة سريعة النمو *Rhizobium*		
مجموعة البرسيم الحجازي	*R. meliloti*	البرسيم الحجازي- الحلبة- الحندقوق
مجموعة البرسيم	*R. Trifolii*	البرسيم المصري – البرسيم الأحمر
مجموعة البسلة	*R. leguminasarum*	البسلة – العدس – الفول البلدي
مجموعة الفاصوليا	*R. phaseoli*	الفاصوليا
ب) مجموعة بطيئة النمو *Bradyrhizobium*		

مجموعة الترمس	*R. lupini*	الترمس
مجموعة فول الصويا	*R. japonicum*	فول الصويا
مجموعة اللوبيا	*R. sp.*	اللوبيا – فول السودانى

وبالرغم من أن النوع الواحد من البكتريا العقدية يغزو جميع أنواع النباتات البقولية التابعة لمجموعته إلا أن هناك سلالات بكتيرية تكون أكفأ في تكوين العقد وتثبيت النيتروجين على نبات معين في داخل المجموعة عن النباتات الأخرى. وقد يصل التخصص لأبعد حد فإن سلالة واحدة من البكتريا العقدية الخاصة مثلاً بالبرسيم المصري تكون أقدر على تثبيت النيتروجين مع سلالة معينة من البرسيم المصري عن سلالة أخرى من نفس النوع.

<u>للتمييز ما بين العقد الفعالة وغير الفعالة:</u>

	عقد فعالة	**عقد غير فعالة**
لون العقدة	وردى	عديمة اللون
حجم العقدة	كبير	صغير
عدد العقد على الجذر	قليل	كبير
مكان العقد	الجزء العلوي	منتشرة على المجموع الجذري
أعراض نقص النيتروجين	غير موجودة	موجودة

وتتراوح كمية النيتروجين المثبتة تكافلياً بواسطة النباتات البقولية ما بين ٦٠ – ٦٠٠ كجم نيتروجين للهكتار في السنة ويتوقف ذلك على:

١. أن تكون عازلات الريزوبيا عازلات متخصصة للنباتات البقولي العائل حتى تكون عقداً جذرية نشطة.

٢. كثرة النترات في التربة يثبط عملية التثبيت البيولوجي للأزوت الجوى لأن توافر النترات يسبب نمواً خضرياً كبيراً يستهلك الكربوهيدرات الناتجة من عملية التمثيل الضوئي للنبات دون أن تصل للبكتريا داخل العقد الجذرية فتحرمها من مصدر الطاقة ويقل معدل تثبيت النيتروجين الجوى بيولوجياً.

٣. عدم توافر المغذيات المعدنية مثل الموليبدنم الذي يعمل كمرافق إنزيمي لإنزيم النيتروجينيز وكذلك البورون لدوره في تكوين العقدة.

٤. عدم وجود إضاءة كافية يسبب قلة الكربوهيدرات المتكونة من التمثيل الضوئي مما يقلل من كميتها الواردة للعقد الجذرية مما يقلل من عملية التثبيت.

٥. نوع النبات البقولي يؤثر على كمية النيتروجين المثبتة فمحاصيل المراعى مثل البرسيم الحجازي تثبت كمية أكبر مما تثبته المحاصيل البذرية مثل الفول والبسلة وفول الصويا ويتوقف ذلك على الفترة الزمنية التي تمكثها هذه النباتات في الأرض ونظام مجموعها الجذري فكلما طالت المدة وكان مجموعها الجذري منتشر ومتعمق ومتجدد على مدار موسم النمو زادت الكمية المثبتة والعكس صحيح.

أما مقدار ما يصل للتربة من النيتروجين المثبت بواسطة النباتات البقولية فيعتمد على طريقة معاملة المحصول فإذا قلب المحصول البقولي في الأرض كسماد أخضر فإن جميع النيتروجين المثبت ينتقل للتربة أما إذا أزيل المحصول بعيداً عن الأرض فإن كمية النيتروجين المثبت الذي ينتقل للأرض يكون بمقدار ما تخلفه هذه المحاصيل من جذور وما عليها من عقد جذرية وتختلف الكمية من نبات إلى آخر على حسب طبيعة مجموعه الجذري هل هو كبير أو صغير وتتراوح هذه الكمية ما بين ١٥ – ٣٥% من النيتروجين الكلى في النبات.

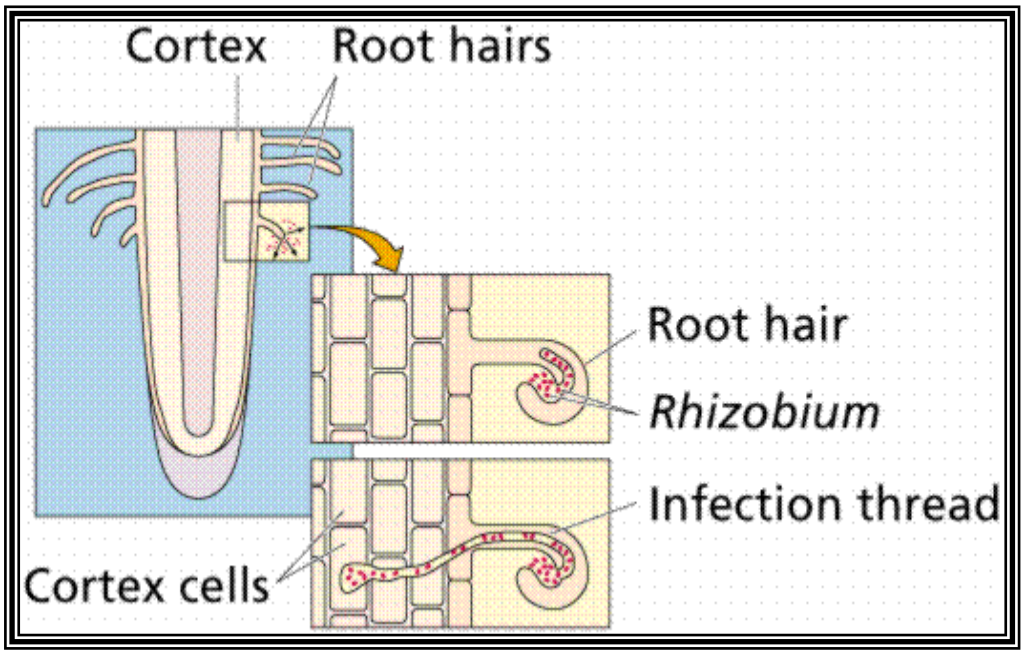
مراحل تكوين العقد الجذرية البكتيرية Stages of Nodele Formation

١- مرحلة غزو البكتيريا للجذر:-

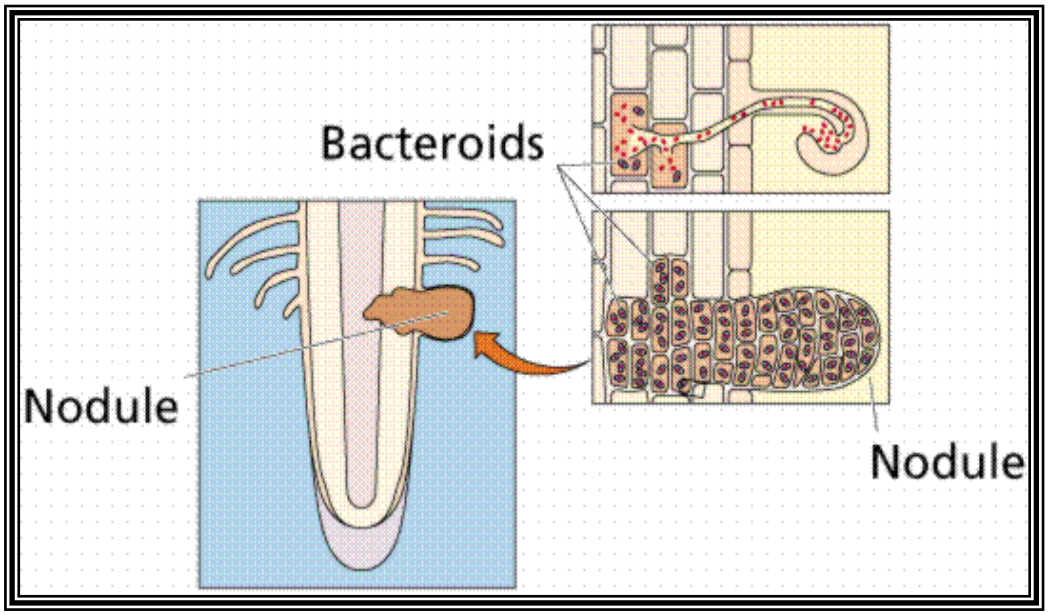
١- تقوم جذور النبات العائل بإفراز مواد تعمل علي زيادة نشاط البكتيريا وتكاثرها حول الجذور مما يتيح تجمع الكثير من البكتيريا العقدية بالقرب من الشعيرات الجذرية.

٢- إذا كانت الريزوبيا المتجمعة حول جذور من النوع المتخصص تلتصق بالشعيرات الجذرية وتقوم بإفراز مواد مشجعة للنمو مثل حمض أندول الخليك Indole acetic acid ويؤدي ذلك إلي زيادة معدل نمو الشعيرة الجذرية في الجانب الذي تلتصق به البكتيريا عن بقية الشعيرة الجذرية ونتيجة ذلك يحدث لها إلتواء في اتجاه الجانب الأخر.

٣- تبدأ الميكروبات في غزو الشعيرات الجذرية من منطقة الإنحناء حيث تعتبر هذه المنطقة إضعف نقطة في الشعيرات الجذرية ويساعد أيضا علي عملية الغزو ما تفرزه جذور النبات العائل من إنزيم البولي جلاكتيورونيز Polygalacturonase المحلل للمواد البكتينية اللاحمة لخلايا الجذر مما يعمل علي تحللها ويسهل عملية الغزو.



٤- تنمو الخلايا داخل الشعيرة مكونة خيط العدوى Infection thread هو عبارة عن أنبوبة تتركب من ببوليمرات كربوهيدراتية من السليلوز والهيمسلسلوز والبكتين تفرزها الخلايا النباتية وتحيط بالبكتريا العقدية يخترق خيط العدوى خلايا البشرة ثم خلايا القشرة Cortex الذي يتفرع فيها ثم تتجمع خلايا البكتيريا حول أنوية خلايا القشرة ويختفي خيط العدوى ويزداد معدل إنقسام خلايا القشرة الموجود بها بكتيريا الريزوبيا، مع حدوث تضخم في هذه الخلايا نتيجة تكوين العقدة.



٥- يخرج من الحزم الوعائية للجذور فروعا تمتد إلي داخل العقدة حتى تمدها بالمواد الكربوهيدراتية والمعدنية وتأخذ منها المواد الأزوتية المثبتة في صورة أحماض أمينية ونواتج التمثيل الغذائي، ويتم تكوين العقدة في مدة لا تقل عن ١٥ يوما من بدأ الإصابة وتوجد عدة أشكال للعقدة مثل الشكل الكروي والبيضاوي والمستطيل والمفصص.

٦- بعد نضج العقدة يتغير شكل خلايا الريزوبيا داخلها حيث تدخل في طور أخر يسمى طور البكتيرويد Bacteroid وهو الطور الذي يتم فيه عملية تثبيت النيتروجين الجوي حيث أن الخلايا في هذا الطور تحتوي علي إنزيم النيتروجينيز. وهذه الميكروبات عصوية قصيرة غير متجرثمة، سالبة لصبغة جرام، Mesophilic، متحركة بأسواط. يظهر الميكروب بالبيئات بشكل عصوي بينما يظهر بالعقد الجذرية بأشكال مختلفة متفرعة أو غير منتظمة Bacteroides (T, Y, L, X, V).

٧- تختلف أعداد العقد علي العوامل الآتية:

- مدي إنتشار وتوزيع الهرمونات المفرزة بواسطة النبات العائل والتي تشجع تكوين العقد.
- مدى التنافس بين العقد علي نواتج التمثيل الضوئي للعائل.
- طبيعة العلاقة بين المتكافلين.

تعمل البقوليات التي تتكون عليها العقد الجذرية بدرجه كافيه على تثبيت النيتروجين الجوى بمعدلات وفيرة ويبدو واضحا إذا ما لوحظت نتائج بعض التجارب الحقلية العديدة التي أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية.

مرحلة تبادل المنفعة Symbiosis:

١. بعد تحول خلايا الريزوبيا داخل العقد المتكونة إلي طور البكتيرويد تبدأ مرحلة المعيشة التكافلية أو تبادل المنفعة بين الكائنين المتكافلين حيث تقوم البكتريا بإمداد النبات بالنيتروجين الذي تقوم بتثبيته وتستمد من النبات إحتياجاتها من الكربوهيدرات والأملاح المعدنية كمصدر للطاقة الأزمة للقيام بعملية التثبيت.

٢. تقوم هذه الخلايا بتثبيت النيتروجين الجوي عن طريق إنزيم النيتروجينيز الموجود في خلاياها وتقوم الخلايا المحتوية علي طور البكتيرويد بإفراز صبغة حمراء تشبه الهيموجلوبين تسمى Leg hemoglobin وهذا يلعب دورا هاما في تنظيم إنتشار الأكسجين في العقدة حتي يتمكن الإنزيم من تثبيت الأزوت الجوي تحت ظروف لاهوائية.

٣. يستمر نشاط الخلايا في تثبيت الأزوت الجوي إلي فترة قد تصل إلي ٥٠ يوما أو أكثر ويتوقف ذلك علي نوع النبات ونوع التربة ومحتواها من النيتروجين.

والعقدة البكتيرية تتكون عادة من السلالة المتخصصة للنبات العائل أما في حالة السلالة الغير متخصصة فقد لا يحدث الغزو وإن حدث فإنه لا ينتشر في خلايا القشرة وإذا تكونت العقدة من سلالة غير متخصصة لا يتكون بها هيموجلوبين بقولي Leg hemoglobin وتمكث العقدة من ٧ – ١٠ أيام ثم تتحلل وتسمى بالعقدة الكاذبة Pseudo-nodule.

مرحلة التطفل Uncontrolled parasite:

تستمر عملية التثبيت بكفاءة وفاعلية لمدة حوالي ٧ أسابيع من بداية تكوين العقدة بعدها يتحول الميكروب من مرحلة التكافل وتبادل المنفعة إلي طور التطفل وذلك لقلة وصول المواد الغذائية إلي العقدة حيث يقوم الميكروب بإفراز إنزيم البكتينيزPectinase الذي يحلل المواد البكتينية التي تذيب الصفيحة الوسطى لخلايا القشرة التي يوجد بها مما يؤدي إلي إنفجار العقدة وخروج الميكروب إلي التربة الزراعية مرة أخرى بعد تحولة إلي الشكل العصوي القصير المميز له.

ويحث ذلك عموما في موسم الإزهار أو بعده بقليل نتيجة لوصول تركيز الأوكسينات داخل أنسجة النبات إلي قمتها وهذا التركيز المرتفع يكون هو المسئول عن تحلل العقدة وتحول لونها من اللون الأحمر الوردي إلي اللون الأخضر أو البني.

أولا : إعداد لقاحات البقوليات (لقاحات الرايزوبيا):

يمكن تعريف عملية تلقيح البقوليات بالرايزوبيا بأنها إضافة سلالات فعالة من الريزوبيا إلي بذور البقوليات قبل الزراعة بغرض تشجيع تثبيت النيتروجين تكافليا. يعتبر إنتاج اللقاحات الخاصة بالبقوليات من الحالات القليلة التي نجح الإنسان من خلالها في إستخدام الكائنات الحية الدقيقة للأغراض الزراعية في بداية محاولته حيث بدأت أولي هذه المحاولات عام ١٨٩٦ بإستخدام مزارع نقية منماة علي الأجار ثم تطورت المحاولات أخيرا حيث أستعملت تربة معقمة وملقحة بالرايزوبيا ثم أستخدم البيت الملقح بالرايزوبيا كلقاح. وتزرع المحاصيل البقولية في مساحات واسعة وفي مناطق متنوعة المناخ الزراعي من العالم. وتستعمل البقوليات في أغراض كثيرة ومتنوعة فهي تستعمل كغذاء للإنسان وكعلف للدواب وكذلك كأسمدة خضراء تضاف إلي التربة لتحسين خصوبتها كما تستخدم في إنتاج الزيوت والصموغ والخشب والألياف.

والعلاقة التكافلية بين البقوليات والرايزوبيا تعتبر هامة ومفيدة من ناحية زيادة كمية البروتين البقولي من خلال عملية التثبيت البيولوجي للنيتروجين الجوي.

وتتوقف كمية النيتروجين المثبت في التربة بواسطة البقوليات علي ما يلي:-

١- نوع النبات البقولي المزروع.

٢- كفاءة العلاقة التكافلية بين كل من الريزوبيا والنبات البقولي العائل ويحكم هذه العلاقة بعض العوامل الهامة مثل:-

أ- نوع السلالة البكتيرية المستخدمة.

ب- تخصص النبات العائل.

ت- عدد البكتريا العقدية من السلالة المتخصصة.

٣- الظروف البيئية المحيطة.

٤- طبيعة نمو النبات البقولي.

٥- خصوبة التربة.

٦- مدة مكث النبات البقولي في التربة.

٧- بعض العوامل الأخرى التي تؤثر علي عملية التكافل مثل الكيماويات.

وتحت الظروف المصرية فإن كمية ما يثبت من نيتروجين بمختلف البقوليات سواء بقوليات الأعلاف أو البقوليات البذرية تتراوح بين ٤٠ – ٢٣٨ كجم/هكتار، ومن المعروف أن بقوليات الأعلاف تثبت كمية من النيتروجين أكبر من الكمية المثبتة في حالة البقوليات البذرية.

مراحل إعداد لقاح الريزوبيا:

أ- إنتاج اللقاحات:

يمر إنتاج اللقاح البقولي (لقاح الريزوبيا) بالمراحل الآتية :

١- إختيار السلالات الرايزوبيا الفعالة:

إن إنخفاض نشاط الريزوبيا المضافة إلي التربة كلقاح بمرور الوقت قد يكون راجع إما لنقص أعداد الريزوبيا والتي يتضمنها اللقاح المضاف أو أن السلالة المستخدمة تكون غير مناسبة وبالتالي فإن إختيار السلالة المناسبة يجب أن تتميز بالأتي:

١. متخصصة أي لها القدرة علي تكوين العقد وتثبيت النيتروجين علي النبات أو النباتات البقولية المستهدفة.

٢. لها القدرة علي منافسة السلالات الأخرى.

٣. قادرة علي تثبيت النيتروجين بمعدل مرتفع تحت الظروف البيئية السائدة.

٤. تمتلك القابلية لتكوين العقد وتثبيت النيتروجين في وجود تركيزات من نيتروجين التربة.

٥. قابلية النمو والتكاثر في البيئات السائلة وكذلك قادرة علي البقاء علي الحامل المستخدم بنفس الكفاءة والنشاط.

٦. قابلة للبقاء حية علي البذور الملقحة.

٧. قادرة علي البقاء حية تحت الظروف البيئية والفيزيائية غير المواتية مثل الجفاف والحرارة والتجميد وكذلك القلوية والملوحة والمبيدات والتركيزات العالية من بعض العناصر مثل الألومنيوم والمنجنيز.

٨. لها القابلية للهجرة والإنتقال من الموقع الأساسي للقاح إلي مواقع أخرى.

٩. قادرة علي الإحتفاظ بكفاءتها في التثبيت وبثباتها الوراثي طوال فترة التخزين.

١٠. لها القدرة علي الدخول في علاقة تكافلية مع مدى واسع من العوائل البقولية المزروعة مع إحتفاظها بقدرتها العالية علي التثبيت.

١١- لا تتأثر بالمواد الكيماوية التي قد تستخدم لحماية البذور .

وتقاس كفاءة السلالات بتقدير كمية النيتروجين المثبتة أو بتقدير نشاط إنزيم النيتروجينيز وهي طرق مباشرة، أو يتم بطريقة غير مباشرة بواسطة تقدير وزن النبات أوعدد ووزن العقد المتكونة علي الجذور، وهذه الطرق مؤشرات ترتبط بكفاءة عملية التثبيت.

٢- إكثار الريزوبيا:

يحضر البادئ بتنمية السلالة المختارة أولا في أنابيب إختبار لمدة ٣ – ٥ أيام علي بيئة متخصصة ثم تنقل بعد مدة التحضين إلي دوارق خاصة تحتوي علي بيئة أجار المانيتول ومستخلص الخميرة المعقمة (YEM) والتي تتركب من:

مستخلص خميرة	١.٠ جم	NaCl	٠.١ جم
مانيتول	١٠.٠ جم	ماء مقطر	١ لتر
K_2HPO_4	٠.٥ جم	درجة الـ pH	٦.٥ – ٧.٠
$MgSO_4.7H_2O$	٠.٢ جم	أجار	١٥ – ٢٠ جم

وبعد ٣ – ٥ أيام أخرى من التحضين علي ٢٥°م تصبح دوارق البادئ جاهزة للإستخدام حيث تغسل البكتيريا من علي السطح ويستخدم المعلق الناتج كبادئ حيث ينقل إلي مخمرات سعة ٤٥ لتر (١٠ جالون). والبيئة المستخدمة لتنمية الرايزوبيا في هذه المرحلة تختلف بإختلاف النوع المنمى وإن كان الأساس فيها هو بيئة أملاح معدنية مضاف إليها مستخلص الخميرة أو المانيتول والسكروز وبعد تحضير هذه البيئة توزع في مخمرات فردية ثم تعقم، وبعد إتمام عملية التعقيم تبرد البيئة إلي درجة ٢٧°م ثم تضاف مزارع البادئ، ثم يدفع تيار من الهواء المعقم إلي داخل وعاء التخمير حيث يدخل خلال ثقوب صغيرة وينتشر إلي قاع الوعاء وتبدأ دورة تخمير مدتها ٧٢ ساعة وبعد إنتهاء مدة التحضين فإن سائل التخمير يحتوي تقريبا ٥ x ١٠^{٩} خلية / مل. وتستخدم المزارع السائلة الناتجة من المخمرات السابقة (سعة ٤٥ لتر) كبادئ لمخمرات أكبر سعتها ١٨٠٠ لتر والتي تحضن أيضا لمدة ٧٢ ساعة وبعد إنقضاء هذه المدة من التحضين يمكن الوصول إلي نفس العدد المطلوب من البكتيريا (٥ x ١٠^{٩} خلية /مل).

وبذلك يمكن إكثار الريزوبيا إما في زجاجات ما بين المخمرات الكبيرة المعقمة (سعة ١٠٠٠ – ٢٠٠٠ لتر) إلي الدوارق البسيطة أو البراميل (سعة ١٠ – ١٠٠لتر) . يجب أن يراعي في تصميم المخمرات الأتي:

١- سهولة تعقيم البيئات.

٢- سرعة التبريد.

٣- سهولة التلقيح دون التعرض لمخاطر حدوث التلوث.

٤- إحتواء المخمر علي نظام للتهوية بإستخدام هواء معقم .

٣- إختيار الحامل المناسب :

بدء إستخدام اللقاحات الميكروبية الصناعية بإضافتها في صورة مزارع بكتيرية كانت تضاف إلي البذور المزمع تلقيحها أو كانت تضاف إلي التربة مباشرة، وأستمر إستخدام معلق مزارع الريزوبيا المغسولة من علي سطح بيئة الأجار الصلبة إلي أن بدأ إستخدام البيت كمادة حاملة للميكروبات حيث تفوقت هذه الأنواع من اللقاحات عن لقاحات المزارع السائلة حيث تفتقر المزارع السائلة إلي الحماية التي يوفرها البيت للريزوبيا علي البذور الملقحة، ومن ناحية أخرى فإن المواد الحاملة تتميز بإحتوائها علي مسطح كبير لنمو الريزوبيا. وتعتمد اللقاحات الميكروبية عالية النوعية علي إختيار الحامل المناسب. وهناك عدد من المواد الحاملة غير البيت أو قد يدخل البيت جزئيا في تركيبها ومن هذه الأنواع:-

١- البيت المحتوي علي الكربون.

٢- تربة + فحم نباتي.

٣- بيت أو ترب مضاف إليها أو مدعمة بمواد أخرى مثل مطحون البرسيم والقش والخميرة والسكر.

٤- طمي النيل مدعم ببعض المواد الغنية.

٥- تربة + مسحوق ألياف جوز الهند أو مطحون فول الصويا.

وهناك مخاليط أخرى مثل البيت والتربة أو التربة والفحم أو الفحم وبعض المغذيات أو قوالح الذرة المطمورة أو المولاس أو قش الأرز وكذلك الفيرميكيوليت vermiculite والبرليت perlite ومطحون صخر الفوسفات أو بعض الأسمدة العضوية الصناعية (الكمبوست) المجهزة

من المخلفات الزراعية وكذلك مصاصة القصب المطحونة والتي وجد أنها تكون مناسبة كمادة حاملة لريزوبيا فول الصويا .

والبيت المستخدم كحامل يجب معرفة مصدره وخصائصه حيث أن إختياره يكون علي أساس تركيبه الكيماوي ودرجة تكاثر سلالات الريزوبيا وبقائها حية عليه. كما يجب تجفيف البيت وطحنه ليصبح في صورة مسحوق ناعم وجاف قبل إستخدامه ويمكن تجفيفه تماما بإستخدام الهواء الساخن عند١٠٠°م أو عند ٦٥°م مع محتوى رطوبة ٧% وبعد تجفيفه وطحنه يتم تمريره في منخل سعة ٢٠٠ مش. ويجب ضبط درجة الـpH والمحتوى الرطوبي للبيت قبل إستخدامه. وعادة تضبط درجة الـ pH للبيت من ٦ – ٧ بواسطة كربونات الكالسيوم. كما أن المحتوى الرطوبي النهائي للبيت يتراوح ما بين ٤٠ – ٥٠ % بعد إضافة الريزوبيا ويعتبر هذا المحتوي مناسب لمعظم أنواع البيت المستخدم أما درجة الرطوبة الأقل من ٣٠% أو الأكثر من ٦٠ % فهي غير مناسبة لحيوية الخلايا المنماة علي البيت غير المعقم أما في الحالة البيت المعقم فان محتوى رطوبي ٦٠ % يكون محتمل.

٤- إعداد اللقاح وتعبئته:-

يستخدم البيت كحامل للريزوبيا في إنتاج اللقاحات الميكروبية للبقوليات تحت ظروف معقمة أو غير معقمة حيث أن إستخدام حامل البيت الغير معقم يقلل حيوية الريزوبيا بطيئة النمو مثل رايزوبيا اللوبيا وفول الصويا بينما يزيد من حيوية سلالات الريزوبيا سريعة النمو. وتحت الظروف غير المعقمة فإنه بعد إجراء ضبط الـ pH بواسطة كربونات الكالسيوم ثم الطحن والنخل يتم خلط مزرعة الريزوبيا التي تحتوي علي $١٠^{٩}$ خلية / مل علي الأقل مع البيت الناعم الجاف غير المعقم ثم يترك لينضج وذلك بفرده في طبقات علي صواني لمدة ٧٢ – ٩٦ ساعة علي درجة حرارة تقارب ٢٦°م ثم يعبأ في أكياس البولي ايثيلين مع ضبط المحتوي الرطوبي عن ٤٠ – ٥٠ % علي أساس الوزن الرطب. أما في حالة اللقاح المعد بإستخدام البيت المعقم فيمكن تعقيم البيت بمفرده ثم تعبئته في أكياس من البولي إيثيلين أو قد يعقم بعد تعبئته، وفي الحالة الأولي يمكن إستخدام الحرارة في التعقيم حيث يمكن تعقيم البيت بالبخار بإستخدام الأوتوكليف علي درجة حرارة ١٢١°م لمدة ٣ ساعات. كما يمكن إستخدام الحرارة الجافة لمدة ساعة علي ١٢٠°م. ومن ناحية أخري فقد وجد أن إستخدام أشعة جاما في التعقيم يعطي نتائج جيدة من حيث نمو الريزوبيا علي الحامل (٥ x $١٠^{٦}$ خلية / مل) وإن كانت هذه الطريقة لا تؤدي إلي إكتمال عملية التعقيم حيث وجد أن الميكروبات التي تنمو طبيعيا في البيت تقاوم جرعات أشعة جاما حتى ٢.٤ – ٢.٨ x $١٠^{٦}$ راد. كما وجد أيضا أنه يمكن تعقيم البيت

بإستخدام الغاز حيث أمكن إستخدام مادة الأتوكس Etox (٩٠% أوكسيد ايثيلين + ١٠% CO_2) في جنوب إفريقيا بمعدل ٥٠٠، ٧٥٠، ١٠٠٠ ملليجرام / لتر لمدة ٨، ١٦ ساعة علي التوالي لتعقيم البيت علي الرغم من أن البيت الذي عوامل بهذه المادة أظهر تناقصا في أعداد الريزوبيا المحملة عليه. أما إذا كان البيت سيعقم بعد تعبئته في أكياس من البولي إيثيلين فيمكن إستخدام أي طريقة من طرق التعقيم السابقة فيما عدا الطرق التي تستخدم فيها الحرارة حيث ان مادة البولي إيثيلين لا تتحمل الحرارة ويفضل إستخدام أشعة جاما في التعقيم. وعادة ما تستخدم أكياس من البولي إيثيلين ذات سمك رقيق يتراوح ما بين ٠.٠٣٨ – ٠.٠٧٦ مم حتى تسمح بتبادل الغازات داخل وخارج الكيس ويحكم غلق الكيس تماما عن طريق لحام أطرافه بالحرارة. وبعد التعقيم يلقح البيت المعقم الموجود في أكياس البولي إيثيلين المسدود ويتم ذلك بواسطة الحقن بالمزرعة المستخدمة ثم يرفع المحتوى الرطوبي بين ٥٠ – ٦٠ % ثم يسد الثقب بواسطة شريط لاصق وتحضن الأكياس الملقحة عند ٢٦°م لمدة أسبوعين ثم تخزن بعد ذلك علي ٤°م.

ب- إختبار الجودة.

يتم تقييم اللقاح علي أساس العدد الفعال من الريزوبيا اللازمة لتلقيح البذرة الواحدة (عدد خلايا الريزوبيا / بذرة) لتكوين عقد فعالة. وقد أوصي الكثير من الباحثين بأن اللقاح الجيد يجب أن يحتوي تقريبا من 10^{3} – 10^{5} خلية /بذرة من أجل تعقيد جيد. وعموما فأي برنامج لإختبار جودة اللقاح يجب أن يتضمن العديد من الإختبارات الكمية والنوعية لكل من المزرعة السائلة قبل تلقيح الحامل وكذلك اللقاح النهائي بعد التصنيع وقبل الإستعمال. فالمزرعة يجب أن يجرى عليها العديد من الإختبارات النوعية للتعرف علي سلالة اللقاح والتأكد من عدم إستخدام سلالة خاطئة وكذلك للتأكد من خلو المزرعة من أي ملوثات، ومن أمثلة هذه الإختبارات النوعية التي تجري علي المزرعة السائلة:-

١- درجة الـpH للمزرعة.

٢- إختبار التجلط agglutination.

٣- صبغ جرام Gram staining.

٤- النمو علي بيئة أجار الجلوكوز والمانيتول والببتون وكذلك بيئة أجار مستخلص الخميرة.

أما الإختبارات الكمية التي تجري علي المزرعة السائلة فتجري بغرض التعرف علي أعداد الخلايا ودرجة حيويتها. أما اللقاح النهائي فيجب أن يختبر كميا قبل إستخدامه وذلك بأجراء

إختبار العد بالأطباق لتقدير أعداد الريزوبيا الموجودة والتأكد من قلة التلوث ويتم بإستخدام بيئة أجار المانيتول ومستخلص الخميرة وأحمر الكونغو. كما يجب أن تختبر السلالة من حيث قدرتها علي الغزو وتكوين العقد وذلك بتلقيح نباتات نامية علي بيئة خالية من النيتروجين وفي ظروف معقمة.

يتوقف بقاء اللقاح حيا علي :-

١. طريقة التعبئة.

٢. مادة الحامل المستخدم.

٣. ظروف التخزين.

٤. طرق التوزيع والبيع.

وتتراوح كمية النيتروجين المثبتة تكافلياً بواسطة النباتات البقولية ما بين ٦٠ – ٦٠٠ كجم نيتروجين للهكتار في السنة ويتوقف ذلك على:

١)أن تكون عازلات الريزوبيا عازلات متخصصة للنباتات البقولي العائل حتى تكون عقداً جذرية نشطة.

٢) كثرة النترات في التربة يثبط عملية التثبيت البيولوجي للأزوت الجوى لأن توافر النترات يسبب نمواً خضرياً كبيراً يستهلك الكربوهيدرات الناتجة من عملية التمثيل الضوئي للنبات دون أن تصل للبكتريا داخل العقد الجذرية فتحرمها من مصدر الطاقة ويقل معدل تثبيت النيتروجين الجوى بيولوجياً.

٣) عدم توافر المغذيات المعدنية مثل الموليبدنم الذي يعمل كمرافق إنزيمي لإنزيم النيتروجينيز وكذلك البورون لدوره في تكوين العقدة.

٤) عدم وجود إضاءة كافية يسبب قلة الكربوهيدرات المتكونة من التمثيل الضوئي مما يقلل من كميتها الواردة للعقد الجذرية مما يقلل من عملية التثبيت.

٥) نوع النبات البقولي يؤثر على كمية النيتروجين المثبتة فمحاصيل المراعى مثل البرسيم الحجازي تثبت كمية أكبر مما تثبته المحاصيل البذرية مثل الفول والبسلة وفول الصويا ويتوقف ذلك على الفترة الزمنية التي تمكثها هذه النباتات في الأرض ونظام مجموعها الجذري فكلما طالت المدة وكان مجموعها الجذري منتشر ومتعمق ومتجدد على مدار موسم النمو زادت الكمية المثبتة والعكس صحيح.

أما مقدار ما يصل للتربة من النيتروجين المثبت بواسطة النباتات البقولية فيعتمد على طريقة معاملة المحصول فإذا قلب المحصول البقولي في الأرض كسماد أخضر فإن جميع النيتروجين المثبت ينتقل للتربة أما إذا أزيل المحصول بعيداً عن الأرض فإن كمية النيتروجين المثبت الذي ينتقل للأرض يكون بمقدار ما تخلفه هذه المحاصيل من جذور وما عليها من عقد جذرية وتختلف الكمية من نبات إلى آخر على حسب طبيعة مجموعه الجذري هل هو كبير أو صغير وتتراوح هذه الكمية ما بين ١٥ – ٣٥% من النيتروجين الكلى في النبات.

مميزات التلقيح بالرايزوبيا :-

١. يقلل إعتماد البقوليات علي نيتروجين التربة.

٢. يحسن من إنتاجية البذور.

٣. يحسن من نوعية البذور.

٤. يقلل من الإعتماد علي الأسمدة النيتروجينية الكيماوية سواء في البقوليات أو ما يليها من المحاصيل .

٥. يقلل تكاليف الإنتاج.

٦. يقلل من تلوث البيئة الناتج من الاستخدام المكثف للأسمدة النيتروجينية المعدنية .

٧. يزيد من خصوبة التربة .

الإستخدام الحقلى للقاحات البقوليات:

يعرف التلقيح بلقاحات الريزوبيا بأنه عبارة عن إضافة رايزوبيا فعالية إلي بذور بقولية أو إلي التربة عند الزراعة وذلك لتشجيع تثبيت النيتروجين تكافليا. ويوجد طريقتان لإستخدام لقاح الريزوبيا علي المستوى التطبيقي هما:-

١. طريقة مباشرة:-

وفيها يتم خلط اللقاح مع البذور قبل الزراعة ويكون اللقاح في صورة مسحوق ترابي أو طيني أو حبيبات مكورة (كرات).

أ- التعفير Dusting:

وهو أبسط طريقة للتلقيح وفيها يخلط اللقاح مع البذور مباشرة قبل الزراعة ولكنه أقل كفاءة من الطرق الأخرى.

ب- Slurry inoculation:

يتم إضافة اللقاح كمعلق مائي أو يخلط مع البذور المبللة لكي تزيد درجة الإلتصاق بين اللقاح والبذور. ويجب أن تجفف البذور قبل الزراعة ولكن ليس بالتعرض لضوء الشمس المباشر. ويمكن إستعمال مادة لاصقة لزيادة إلتصاق اللقاح بالبذور بدرجة أكبر، ومن أمثلة المواد اللاصقة الممكن إستخدامها محلول ١٠% سكر أو الصمغ العربي أو مادة Cellofas A (كربوكسي ميثيل سليلوز).

ج- تكوير البذرة Seed Pelleting:

يتم خلط اللقاح مع مادة لاصقة ثم يوضع المخلوط حول البذرة ويغلف ببعض المواد المغلفة مثل كربونات الكالسيوم أو صخر الفوسفات أو التلك أو الجبس أو الدبال أو الفحم النشط أو السوبر فوسفات أو مركبات الفسفور الأخرى أو البنتونيت ومعادن الطين الأخرى أو أكسيد التيتانيوم. أما المادة اللاصقة فيجب أن تكون خالية من المواد الحافظة ويمكن أن تتضمن مواد مثل الجيلاتين أو السكر ومواد غروية أو العسل.

وتتميز هذه الطريقة بالأتي:-

- حماية اللقاح من المواد السامة التي تؤثر علي الريزوبيا والتي قد تكون موجودة في أغلفة بذور بعض البقوليات .
- حماية اللقاح من ظروف التربة الغير مواتية.
- حماية الريزوبيا من تأثير الأسمدة الحمضية.
- حماية الريزوبيا من المنافسة التي قد تنشأ من الميكروفلورا التي تستوطن التربة.

د- إستخدام البذور الملقحة سابقا Pre-inoculation :

حيث يمكن تلقيح البذور بواسطة التاجر أو المنتج قبل بيعها أو توزيعها علي المزارعين أي إنها تمر بفترة تخزين ولذلك يجب إستعمال وسيلة للتلقيح تضمن إطالة فترة حيوية اللقاح ويتم ذلك بإدخال الريزوبيا تحت غلاف البذرة حيث يتم حمايتها من الجفاف والظروف البيئية المعاكسة. ولابد أن يكتب تاريخ الإعداد ظاهر علي عبوات كل دفعة من البذور الملقحة بهذه الطريقة كما يجب تحديد تاريخ إنتهاء الصلاحية. ومن عيوب هذه الطريقة أن بذور البقوليات لا تهيئ البيئة الصالحة لنمو الريزوبيا مما يؤدي إلي موتها بمعدلات كبيرة.

٢. طريقة غير مباشرة :-

وفيها يتم إضافة اللقاح إلي التربة في صورة سائلة أو حبيبات بينما تزرع البذور بدون تلقيح. وذلك تحت الظروف الآتية :-

١. عند معاملة بذور البقوليات بالمبيدات الحشرية والفطرية التي ربما تقضي علي الريزوبيا عند تلقيح البذور إلا إذا أستخدمت الطرق الواقية للقاح.

٢. عند الزراعة في أراضي المناطق الحارة والجافة.

٣. عندما تحتوي التربة علي أعداد كبيرة من الريزوبيا غير النشطة في تثبيت النيتروجين الجوي.

٤. في حالة النمو الجيد للبقوليات في مراحلها الأولى وعدم تكوينها للعقد الجذرية في المراحل المتوسطة من النمو.

٢- لقاح الفرانكيا:-

والتي تستخدم كمثبت للأزوت الجوي مع النباتات البقوليات حيث تستخدم كلقاح بالتربة لزيادة إنتاجية النبات النامي.

وتوجد الأزولا في القنوات وحقول الأرز والأماكن المبللة سواء في الأجواء المعتدلة أو الحارة والأزولا المجففة بالشمس مصدر بروتيني وكربوهيدراتى جيد و إن كان محتواها من الرماد مرتفع.

والدور الهام الذي تلعبه في مزارع الأرز من حيث تثبيت الأزوت كسماد عضوي للتربة وأصبحت الأزولا الآن تنمى في مزارع مائية مناسبة لإستخدامها كلقاح في مزارع الأرز كما يمكن تنميتها في مزارع الأرز بعد عملية الشتل.

المجموعة الثانية...الميكروبات التى تثبت النيتروجين الجوي لا تكافليا :-

يوجد العديد من الميكروبات التي لها القدرة على تثبيت الأزوت الجوى لا تكافليا أي وهى بصوره حرة في التربة ولا تعتمد على النبات في تجهيز غذائها ومنها:

١- العديد من الكتينوميسيتات والخمائر وكذلك سلالات عديدة من الفطريات.

٢- أجناس عديدة من البكتريا وهي تقوم بتثبيت النيتروجين الجوى لا تكافلياً أي في حاله حرة وتنتشر هذه البكتريا في أراضى الموجودة بها الحشائش ومحاصيل الحبوب كالذرة والقمح

والأرز وقصب السكر وقد وجدت بأعداد كبيرة في الأراضي المروية في ريزوسفير كثيرا من النباتات.

ويعتبر جنس Azotobacter من أكثر الميكروبات التي حظيت بنصيب وافر من الإهتمام والدراسة ومع هذه فيجب ألا يؤخذ التوفر الشديد في المعلومات المتعلقة بهذه المجموعة من الميكروبات المثبتة للنيتروجين الجوى أهمية وتتميز بكتريا الأزوتوباكتر بأنها هوائية حتماً ومتوسطه في إحتياجها الحرارية ٣٠ درجة مئوية وعند نموها تعمل على زيادة محتوى النيتروجين الكلى بمنابتها الغذائية بكميات قد تفوق١مجم/سم مكعب. وتعتبر أنواع جنس *Beigerinckia* من الميكروبات المثبتة للأزوت الجوى تحت الظروف الهوائية وتتميز بنموها في أوساط معينه قد تصل في بعض الأحيان إلى درجه حموضة وقلوية ٣ وتتواجد في الأراضي الإستوائية.

٣- العديد من البكتريا اللاهوائية اختياريا.

٤- هناك أيضا الكثير من البكتريا اللاهوائية

ومن أكثر الميكروبات اللاهوائية تثبيتا للنيتروجين الجوى أفراد جنس الكلوستريديا ومن أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس والتي تقوم بتثبيت النيتروجين الجوى وهى: *C.acetobutylicum* C. *butyricum* C. *posteurianum*

٥- بكتريا تقوم بعمليه التمثيل الضوئي وتثبيت النيتروجين الجوى.

٦- الطحالب الخضراء المزرقه وهى بروكاريوت سالبة لصبغه جرام ولا يوجد غشاء مغلف للأعضاء ولا يوجد نواه محدده ويحتوى الجدار الخلوي على جليكوبروتين وتوجد هذه الطحالب في المياه العذبة والمالحة كما تسكن الأراضي وتنتشر على نطاق واسع في الطبيعة ولكن أهميتها الكبيرة توجد في المزارع الأرز حيث تغمر الأراضي بالمياه لمده طويلة وتنتج حالا في صوره مخصب البلوجرين الذي يباع في الأسواق.

٧- الأزولا ويوجد منها ستة أنواع تقوم بتثبيت الأزوت الجوى وهى رغم إنها نباتات سرخسيه تعيش تكافليا مع الطحالب المثبتة للأزوت الجوى وتعتبر كسماد حيوي هام وأهمها *A. Caroliniana Azolla nilotica, a.Filicu A. mexicana ,A. microphylla,* وتنجح في زراعه الأرز وتحتاج إلى ٢٠ – ٢٨ درجه مئوية بحد أقصى ٣٥ درجه مئوية ودرجه الحموضة والقلوية تتراوح من ٦-٧ وهى عبارة عن النباتات سرخسيه تحتوى على الطحلب Anabaena Azollae.

بصفه عامة تؤثر العديد من العوامل البيئية من درجه الحموضة والقلوية للأرض ومدى توافر العناصر المعدنية بها ودرجة التهوية وغير ذلك على معدل ودرجه تثبيت النيتروجين الجوى لاتكافلياً حيث تتحكم الخواص الطبيعية والكيمائية للوسط في هذا النوع من التحولات الميكروبية وذلك لابد من فهم ظروف وطبيعة الأرض حتى يمكن إضافة المخصب الحيوي المناسب وبالتالي نحقق الفائدة المرجوة من إضافة المخصب.

ميكانيكية تثبيت النيتروجين الجوي تكافلياً

تقوم الميكروبات بتثبيت النيتروجين الجوى في خلاياها حيث تستخدمه في بناء بروتوبلازم الخلايا الحية وذلك بواسطة إنزيم النيتروجينيز وهذا الإنزيم يقوم بتفاعل الإتحاد بين النيتروجين والهيدروجين وإنتاج الأمونيا داخل جسم الميكروب ثم تمثل لبناء مواد بروتينيه ثم تموت خليه الميكروب وتتحلل وبالتالي يخرج النيتروجين في صوره صالحه للإمتصاص بواسطة النبات كما في المعادلات التالية :-

نيتروجين جوى $N_2 + 2H_3$ ⟶ أمونيا $2NH_3$

والأمونيا الناتجة هذه تثبت داخل خليه الميكروب في صوره بناء مواد بروتينيه داخل الميكروب هكذا:

NH_3 + glutamate ⟶ amino acids ⟶ biosynthesis ⟶ protein

وهذا وتتم عمليه تثبيت الأمونيا على درجة الحرارة والضغط الجوى الموجود بعكس إنتاج الأمونيا كيميائيا حيث تحتاج لدرجه حرارة وضغط مرتفعين مع عوامل مساعده أخرى.

وتشترك الميكروبات المختلفة التي تثبت النيتروجين الغازي أثناء نموها حيث تثبته في أجسامها وتحوله إلى أمونيا وبعد ذلك تموت هذه البكتريا وتتحلل ويصبح بروتين خلاياها في صوره صالحه على هيئه أمونيا أو نترات يمتصها النبات والإنزيم المسئول عن ذلك وهو إنزيم النيتروجينيز ويلزم لذلك ضغط غازي جوى يساوى أو يقرب من٠.٠٢ ضغط جوى /ميكروبات Azospirillium و٠.٠٣ ضغط جوى لميكروب الـ Clostridium.

وتلعب ذرات الأيدروجين H_2 دورا تثبيطياً في هذه العملية الحيوية في العديد من الميكروبات المثبتة للأزوت الجوى لا تكافلياً؛ كذلك وجد أن أملاح النشادر تثبط تخليق أنزيم النيتروجينيز

وبالتالي لا يتمكن الميكروب من إستخدام النيتروجين الغازي؛ وقد تلعب النترات ومركبات النيتروجين العضوية دوراً مشابهاً.

تحتاج الميكروبات المثبتة للأزوت لعنصر الحديد والمولبيدنيوم لأنها تدخل في تركيب إنزيم النيتروجينيز مما يعد ذلك ضرورة لنشاط هذا الإنزيم النيتروجينيز الموجودة في خلايا كل الميكروبات المثبتة تركب للنيتروجين الجوى على إختلاف أنواعها مما يؤكد تشابه بل تطابق تفاعلات إختزال غاز النيتروجين إلى أمونيا في كل هذه الكائنات مع ضرورة توافر جزئيات الطاقة ATP اللازمة لنشاط إنزيم النيتروجينيز المسئول عن تثبيت غاز النيتروجين.

البكتيريا المثبتة للنيتروجين الجوى (Nitrogen fixing bacteria):-

مثل *Azotobacter, Clostridium, Rhizobium sppp* وتقوم بتثبيت نيتروجين الهواء الجوى الموجود بالتربة وتجعله متاحاً للنباتات. وتعيش أنواع الـ *Azotobacter, Clostridium* في التربة معيشة حرة وتقوم بتثبيت نيتروجين الهواء الجوى في صورة مركبات نيتروجينية في التربة بينما النوع *Rhizobium* يعيش بصورة تكافلية في صورة عقد جذرية Root nodules للنباتات البقولية حيث يثبت نيتروجين الهواء الجوى داخل أنسجة جذور هذه النباتات مباشرة.

بعض نماذج الكائنات الحية الدقيقة المثبتة للنتروجين بيولوجيا و التي يستخدم العديد منها في إنتاج لقاحات الأسمدة الحيوية

Free living		Symbiotic with plants	
Aerobic	Anaerobic	Legumes	Other plants
Azotobacter *Azospirillum* *Beijerinckia* *Klebsiella* (some) Cyanobacteria (some)*	*Clostridium* (some) *Desulfovibrio* Purple sulphur bacteria* Purple non-sulphur bacteria*	*Rhizobium*	*Frankia*

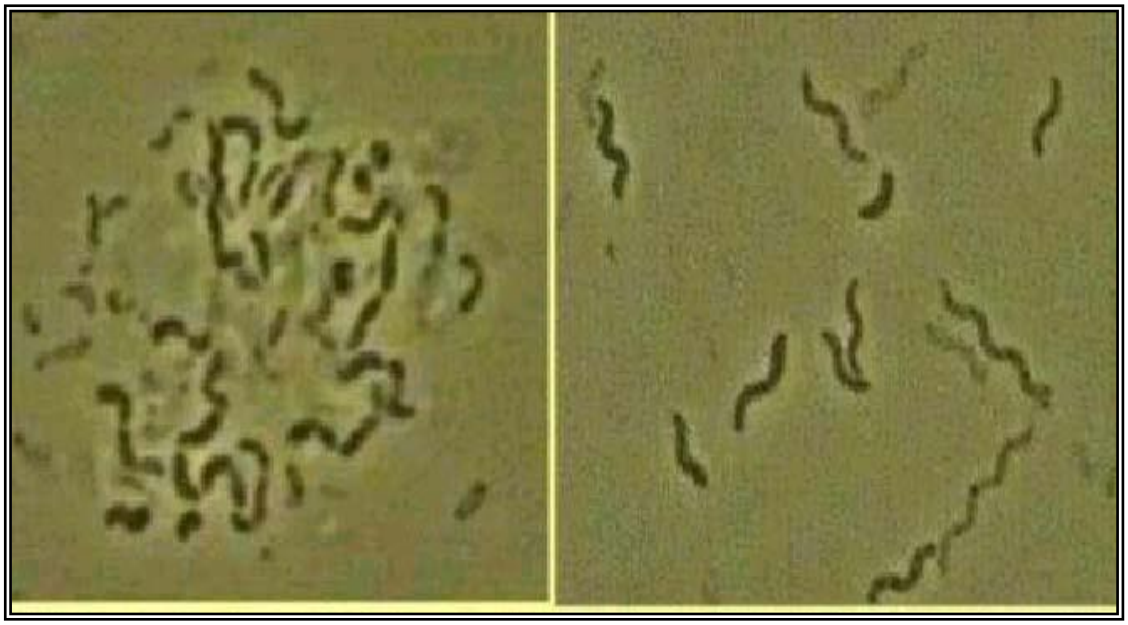
	Green sulphur bacteria*		

الأزوسبيريللام *Azospirillum*:

حلزوني صغير سمكه ١ ميكرون وطوله ٣ ميكرون جداره صلب، سالب لجرام، متحرك بخصلة من الفلاجات، هوائي (يمكنه من تثبيت النيتروجين تحت ظروف الـ Micro aerophilic أي وجود الأكسجين تحت ضغط)، الحرارة المثلى من ٢٥ – ٣٠°م، يلائمه الوسط المتعادل فهو حساس للحموضة مثل الأزوتوباكتر.

وقد وجد بأعداد كبيرة بالأراضي المصرية في ريزوسفير كثير من النباتات، وهو يثبت النيتروجين الجوى بكفاءة تقارب كفاءة الأزوتوباكتر، وتجرى الدراسات لإمكان استخدامه كلقاح يضاف للتربة خاصة في محاصيل النجيليات كالذرة لرفع المحصول.

بكتيريا الأزوسبيريللم تحت الميكروسكوب



الأزوتوباكتر *Azotobacter*

تتميز هذه المجموعة من الميكروبات بأنها تقوم بتثبيت الأزوت الجوى في ظروف هوائية، وجنس *Azotobacter* يحتوى على ٣ أنواع رئيسية وهم *Azotobacter chrococcum* وهو منتشر في الأراضي المصرية ، *Azotobacter agilis(Azomonas) Aotobacter indicum(Derxia)* .

خواص بكتريا الأزوتوباكتر:

١) ميكروبات كبيرة الحجم بالنسبة للميكروبات التربة الأخرى ويتراوح طولها من ٥ – ٧ ميكروميتر وعرضها بين ٣ – ٤ ميكروميتر وشكله شبه كروي أو بيضي ويوجد منفردا أو في أزواج (غالبا)، وهو سالب لجرام.

٢) ميكروبات Heterotrophic يمكنها أن تستعمل المواد الكربوهيدراتية البسيطة كالسكريات والكحول الأحماض العضوية كمصدر للطاقة على إنها غير قادرة على تحليل السيليلوز أو المواد العضوية المعقدة بالتربة الزراعية.

٣) يثبت الأزوت الجوى في وجود مواد كربوهيدراتية ويكثر وجودها في الأراضي الزراعية.

٤) درجة الحرارة الملائمة لها تتراوح بين ٢٥ – ٣٠°م.

٥) المدى الملائم من pH هو من ٦ – ٨.٥ ولا تنمو إذا كانت الـ pH أقل من ٦، ما عدا الـ *Azotobacter indicum* تنمو جيداً في مدى ٣ – ٩.

٦) حساس جداً لنقص الفوسفور فيزيد أعداها بزيادة تركيز عنصر الفوسفور.

٧) وجود عنصر الموليبدنم في البيئة يساعد على زيادة سرعة تثبيت النيتروجين الجوى وقد يحل الفاناديم محل الموليبدنم.

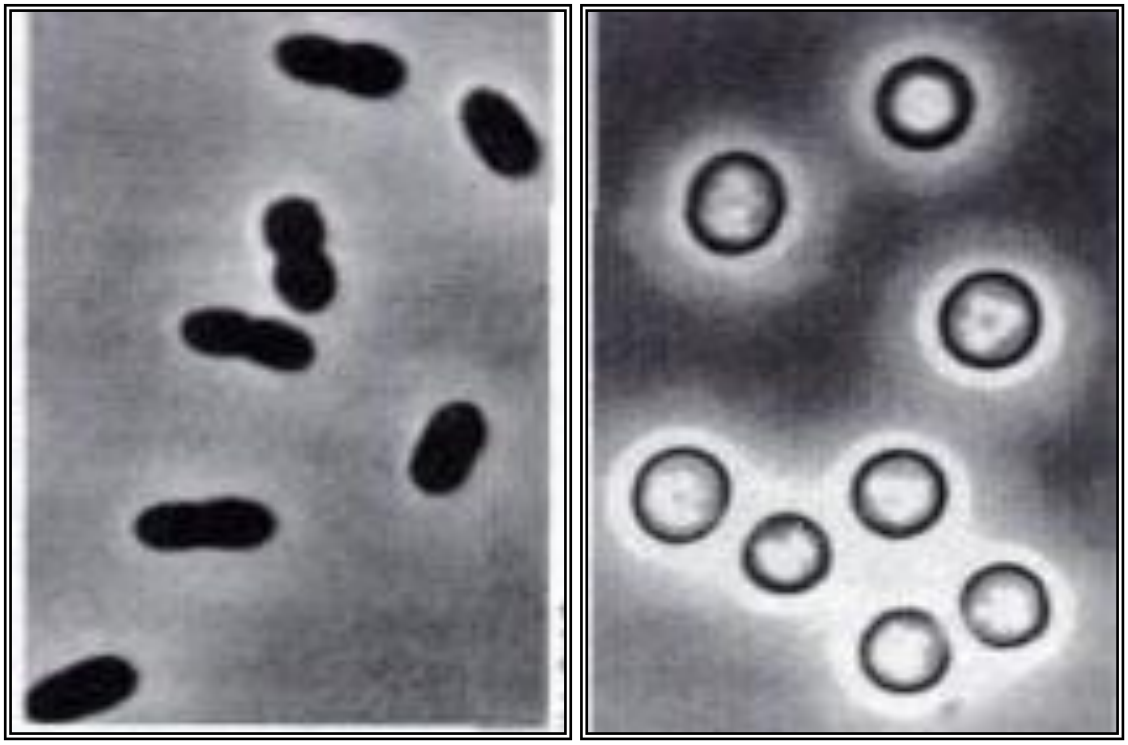
إنتشار الأزوتوباكتر يتوقف على عدة عوامل أهمها:

١) توافر المواد العضوية التي تعتبر مصدر الطاقة له.

٢) تركيز بعض المعادن الهامة مثل الفوسفات والبوتاسيوم والكالسيوم والحديد والموليبدنم ووجود كربونات الكالسيوم يساعد على نمو هذه الميكروبات لمعادلة الحموضة الناتجة أثناء تحليلها للمواد العضوية.

٣) عدم وجود عوامل التضاد والتنافس التي تحد من إنتشاره.

بكتيريا الازوتوباكتر تحت الميكروسكوب



وتلعب بكتريا الـ *Rhizobium* دوراً حيويا في الزراعة عن طريق حثها لتكوين العقد الجذرية على جذور البقوليات مثل البسلة والفول والبرسيم وتستطيع هذه العقد أن تقلل كمية المخصبات النيتروجينية المضافة خلال نمو هذه المحاصيل.

أعداد لقاحات الأزوتوباكتر:-

تنتشر أفراد جنس الأزوتوباكتر خاصة النوع *Azotobacter chroococcum* بكثرة في الأراضي في مناطق العالم المختلفة خاصة أراضي المناطق المعتدلة ومن بينها الأراضي المصرية. وكما هو معروف فإنه بجانب قدرتها علي تثبيت النيتروجين الجوي بطريقة لا تكافلية فهي تستطيع إفراز الكثير من المواد المنشطة لنمو النبات مما يزيد من أهميتها. ويتحكم في درجة إنتشارها في الأراضي الكثير من العوامل والتي من أهمها حموضة التربة ومدي إحتوائها علي المادة العضوية التي تستخدمها هذه الميكروبات كمصدر للطاقة والكربون اللازمين لها حيث أنها ميكروبات غير ذاتية التغذية، وكذلك توفر بعض العناصر المعدنية الهامة مثل أملاح الفوسفات.

ولقد تم عزل هذه الميكروبات في صورة مزارع نقية وإستخدامها في صورة لقاح بكتيري مفرد تحت مسمى الأزوتوباكترين Azotobacterin أو إستخدامها كلقاحات خليطة مع

ميكروبات أخرى تحت مسميات مختلفة تنتج عل النطاق التجاري وتستخدم في تلقيح البزور أو بادرات النبات المعدة للشتل وكذلك التربة بهدف زيادة خصوبة التربة وتحسين نمو النبات. وتستخدم البيئة الآتية لتنمية الأزوتوباكتر التي يمكن إستخدامها في إنتاج اللقاح البكتيري علي المستوي الصناعي.

سكروز	٢٠.٠ جم
فوسفات بوتاسيوم ثنائية القاعدية (k_2HPO_4)	١.٠جم
كبريتات ماغنسيوم مائية ($MgSO_4.7H_2O$)	٠.٥ جم
كلوريد صوديوم($NaCl$)	٠.٥ جم
كبريتات حديدوز ($FeSO_4$)	٠.١ جم
كربونات كالسيوم ($CaCO_3$)	٠.٢ جم
ماء	١ لتر
رقم الـ pH	٧.٠ – ٧.٢

ويتم تحضير اللقاح طبقا للخطوات التالية :-

١- تعزل بكتريا الأزوتوباكتر من التربة الزراعية ثم تنمى علي البيئة السائلة السابقة سواء في المخمر أو في زجاجات مخروطية .

٢- تصب المزرعة علي الحامل المناسب الذي سبق تعقيمه سواء بالحرارة أو بأشعة جاما ويتم خلط المكونات جيدا مع حفظ درجة الرطوبة عند مستوى ٤٠%.

٣- يفرد الحامل المشبع بالميكروب علي صواني ويترك في حجرة معقمة ٢ – ٥ أيام علي درجة حرارة ٣٠°م.

٤- يعبئ اللقاح بعد ذلك في أكياس من البولي إيثيلين المعقم .

إستخدام اللقاح:

١. تلقيح البذور

عند تلقيح البذور يجب إضافة كمية مناسبة من الماء تكفي للإلتصاق اللقاح بالبذور ويمكن إضافة مادة لاصقة مثل الصمغ العربي أو محلول السكر أو الكربوكس ميثيل سليلوز. ويفضل تلقيح البذور غير المعاملة بالمواد الكيماوية كالمطهرات الفطرية والحشرية كما يوصي بزراعة البذور الملقحة في الصباح الباكر أو وقت العصر لتفادي التعرض لدرجة الحرارة المرتفعة التي تؤثر علي حيوية اللقاح كما يوصي بالري مباشرة بعد الزراعة.

٢. تلقيح البادرات:

ويتم بغمس جذور البادرات في اللقاح الممزوج بالماء في صورة عجينة سائلة لمدة ١٠ – ٣٠ دقيقة كما في حالة البادرات التي تشتل مثل الأرز والكرنب والقرنبيط أو يصب اللقاح بعد وضعه في الماء حول الجذور كما في حالة قصب السكر والذرة الرفيعة .

٣. تلقيح التربة:

تحت ظروف معينة قد نلجأ إلي تلقيح التربة بدلا من البذور وفي هذه الحالة فإنه يمكن خلط اللقاح مع السماد البلدي ثم يضاف المخلوط إلي التربة ثم تروى جيدا.

لقاحات الطحالب الخضراء المزرقة والازولا:

أدى النقص الحاد في الطاقة إلي زيادة تكاليف إنتاج الأسمدة الكيماوية خاصة النيتروجينية منها مما كان دافعا للبحث عن طرق جديدة لتزويد مزارع الأرز بمصادر للنيتروجين منخفضة التكاليف خاصة وأن الأرز ينمو في مناطق عديدة من العالم حيث يزرع منه سنويا حوالي مائة مليون هكتار علي مستوى العالم ،ويمثل إنتاجه ما يقرب من ٢٠ % من الإنتاج الكلي من الحبوب. وفي مصر فإن الأرز يعتبر من محاصيل الحبوب الصيفية الرئيسية حيث يشغل ١٥% من المساحة الكلية المزروعة وهذه المساحة تغطي ٨ % من القيمة الكلية للإنتاج الزراعي بالإضافة إلي أن الأرز يعتبر محصول تصدير رئيسي.

تستخدم مستخلصات الطحالب البحرية والنباتات فى مجال التسميد وتغذية النبات ومقامة النيماتودا فى الأراضى الموبوءة وتحسين الخواص الطبيعية والكيماوية فى الأراضى وقد كان للبحوث فى مصر دور فعال وريادى فى هذا المجال إلى جانب بعض الشركات الخاصة التى

ساهمت فى مجال الزراعة الحيوية لإنتاج المخصبات الطبيعية وتعتبر الأسمدة والمخصبات الزراعية المحتوية على مستخلصات الطحالب والأعشاب البحرية تتميز بالأتى:

١- تحفيز الجذور والأفرع والبراعم.

٢- زيادة النمو الخضرى متمثلا فى زيادة الأوراق ومساحة الورقة والأفرع.

٣- تنظيم معدل الإزهار وتثبيت العقد ومنع تساقط الثمار.

٤- إكساب النباتات مقاومة للظروف البيئية غير الملائمة.

٥- مقاومة الإصابة بالديدان الثعبانية.

٦- تحسين خواص التربة الكيماوية والطبيعية.

٧- تبكير النضج وإمتداد موسم الحصاد.

٨- زيادة مقاومة النباتات للأمراض الفطرية والبكتيرية والفسيولوجية.

٩- زيادة نسبة المواد الفعالة للنباتات الطبيعية.

١٠- تحسين الصفات التسويقية والكفاءة التخزينية للثمار.

والطحالب الخضراء المزرقة تعتبر من الكائنات الحية الدقيقة القادرة علي تثبيت النيتروجين الجوي وتشاركها في ذلك الازولا. ولقد وجد أن هذه الكائنات تنمو بغزارة في المناطق الإستوائية وتحت الإستوائية وتسود في أراضي الأرز المغمورة بالمياه ، وقد تأكد الدور الهام الذي تقوم به في تجميع النيتروجين وتزويد نباتات الأرز بكميات كبيرة منه وذلك منذ سنوات وفي أجزاء كثيرة من العالم مما كان دافعا للباحثين لمحاولة إنتاج مستحضرات خاصة من الطحالب الخضراء المزرقة وكذلك الازولا وإستخدامها كلقاحات تضاف إلي حقول الأرز.

الطحالب الخضراء المزرقة -Blue Green Algae

وهو عبارة عن سلالات من الطحالب الخضراء المزرقة ذات القدرة الكبيرة علي تثبيت الأزوت الجوي لا تكافليا في حقول الأرز حيث تثبته في أجسامها بتحويله إلي مركبات أزوتية يمكن للنبات الإستفادة منها وهذه الطحالب تقوم أيضا بإفراز

هرمونات ومواد منشطة لنمو النبات وهو متخصص لمحصول الأرز فقط، كما إنها تزيد من المادة العضوية بالتربة ويزيد المحصول عن ٣٠ % مع تحسين صفات الحبوب مما يؤدي إلي توفير جزء كبير من الأسمدة الأزوتية وتقدر بحوالي ١٥ كجم أزوت للفدان.

وتعتبر مصر أول دولة أفريقية وثانى دولة فى العالم بعد الهند فى إستخدام اللقاحات الطحلبية فى تسميد حقول الأرز لأهميتها فى تثبيت النيتروجين الجوى ويطلق عليها عقد الطحالب الخضراء المزرقة.

و Blue - Green Algae تشبه الطحالب الخضراء - المزرقة البكتيريا لحد كبير في بساطة خليتها من جهة، وفي تركيب جدارها الخلوي غير الطبيعي من جهة ثانية، لذا لا غرابة أن نجد بعض علماء البيولوجيا يقترح تصنيفها كنوع آخر من البكتيريا الذاتية التغذية.

كما تشبه (الطحالب الخضراء - المزرقة) النباتات من حيث أن خلاياها تحتوي على مادة الكلوروفيل التي تمتص أشعة الشمس مع الماء لتكوين مركبات السكر - المصدر الأساسي للطاقة.

تعيش الطحالب الخضراء - المزرقة في الماء العذب غالباً، وتوجد إما كخلايا مفردة أو متجمعة أو سلسلة من الخلايا. ولهذه الكائنات الحية أهمية اقتصادية، إذ أن الأبحاث العلمية تشير إلى أن لها القدرة على تثبيت نيتروجين الهواء في التربة مما يزيد خصوبة الأرض وبالتالي الإنتاج الزراعي وهي بذلك تشبه بكتيريا التأزت.

لقاحات الطحالب الخضراء المزرقة:

إن خصوبة حقول الأرز وإرتفاع إنتاجيتها يرجع بنسبة كبيرة إلي كفاءة ونشاط الطحالب الخضراء المزرقة المثبتة للنيتروجين.

أ- وبالإضافة إلي ما تقوم به الطحالب الخضراء المزرقة من إمداد النباتات الملقحة بالنيتروجين المثبت فإنها تمدها أيضا بالكثير من عوامل النمو مثل الفيتامينات وكذلك العديد من الهرمونات كالاكسينات والجبريللينات والسيتوكينينات وهذه المواد بجانب النيتروجين المثبت تنطلق من الطحالب إلي الوسط البيئي النامية به إما كافرازات أو نتيجة لموت أو تحلل خلايا هذه الطحالب .وتحلل خلايا الطحلب بعد موته إما تتم نتيجة التحطيم الفيزيائي أو نتيجة للتحلل الميكروبي حيث تستطيع بعض الميكروبات القيام بتحليل جدر الخلايا الطحلبية.

قد وجد أن بعض الطحالب الخضراء المزرقة يمكن أن تتحلل في خلال ٢ – ٣ أيام بينما البعض الأخر قد يقاوم التحلل لمدة تصل إلي أربعة أسابيع.

طرق إنتاج اللقاحات الطحلبية :-

يتوقف إستخدام لقاح الطحالب الخضراء المزرقة كمخصب حيوي علي العوامل الآتية:

أ- الكفاءة التثبيتية للطحلب المستخدم كلقاح.

ب- إقتصاديات إنتاج اللقاح.

ج-مدى إمكانية حفظ وتخزين ونقل اللقاح.

طرق إنتاج اللقاحات الطحلبية:-

أ- المزارع المعملية:-

١- تحفظ أصول المزارع لمختلف أنواع الطحالب الخضراء المزرقة المثبتة للنيتروجين علي بيئات الأجار المائلة.

٢- تحفظ نفس المزارع أيضا في بيئة مستخلص التربة.

٣- تنمى الطحالب في وجود الضوء داخل دوارق سعة ٢٥٠ مل تحتوي كل منها ١٠٠مل من بيئة Fogg's الخالية من النيتروجين.

وتضبط درجة الـ pH للبيئة عند ٧.٥ بإستخدام محاليل من HCl و NaOH وإذا كان المطلوب إضافة نيتروجين فيضاف بمعدل ٠.٢٥ جرام/لتر في صورة نترات صوديوم. ولتحضير بيئة صلبة يضاف ١ – ١.٥ جرام أجار / ١٠٠مل من البيئة السائلة.

١- طريقة التنمية في أحواض Trough method:-

١- تجهيز أحواض علي هيئة صواني ضحلة (٢م X ٢٣ سم) مصنوعة من ألواح الحديد المجلفن ويمكن زيادة الحجم حسب الإنتاج المطلوب كما يمكن إستخدام تنكات بدل الصواني.

٢- نضع في كل حوض من ٨ – ١٠ كجم تربة وتخلط جيدا مع ٢٠٠ جم سوبر فوسفات وتفرد بالصينية.

٣- يضاف الماء بعمق ٥ – ١٥ سم ويعتمد ذلك علي ظروف الموقع ومعدل البخر، كما يجب أن يكون الوسط متعادل، وإذا كان هناك درجة من الحموضة فتعادل بإستخدام الجير.

٤- لمقاومة الحشرات التي قد تتعرض لها الطحالب النامية تضاف أي مادة مناسبة كمبيد حشري مثل الكاربوفيورون (٣% حبيبات) بمعدل ٢٥ جم لكل صينية أو مركب BHB.

٥- يتم نثر المزرعة الطحلبية علي سطح الماء الساكن وتترك الصينية في الهواء مع تعرضها كاملة للشمس.

٦- إذا تمت الزراعة في أشهر الصيف الحارة فإن نمو الطحالب سيكون سريعا ويكفي من ٧-١٠أيام لتتكون طبقة سميكة من النمو. وإذا كان معدل البخر اليومي عاليا فيضاف الماء علي فترات حتى إنتهاء فترة النمو وتكون طبقة النمو السميكة بالدرجة الكافية فيتم وقف إضافة الماء.

٧- بعد ذلك يسمح للماء المتبقي في الصينية بالتبخر كاملا بواسطة حرارة الشمس ثم يتم تقطيع طبقة النمو إلي رقائق.

٨- تجمع الرقائق الطحلبية المجففة وتخزن في أكياس لحين الإستعمال الحقلي بعد ذلك.

٩- تملأ الأحواض مرة أخرى بالماء مع إضافة كميات صغيرة من رقائق الطحلب المجففة كلقاح إضافي وتستمر العملية كما سبق.

وقد تكرر العملية من ٣ – ٤ مرات حتى يتم إستنزاف التربة من المواد الغذائية وعندئذ يمكن إستبدالها بتربة جديدة مع خلطها بالسوبر فوسفات وتستمر العملية.

والحوض الواحد سوف يعطي بعد كل مرة من الحصاد ما مقداره ١.٥ – ٢.٠ كجم من الطحالب الجافة.

٢- طريقة التنمية في حفر Pit method:

لا تختلف هذه الطريقة عن طريقة الأحواض إلا في الحجم فقط وبدلاً من إستخدام أحواض أو تنكات يتم عمل حفر ضحلة في الأرض وتبطن بطبقة رقيقة من البولي إيثيلين لحفظ الماء ثم تتم الإجراءات كالمتبع في طريقة الأحواض. وتتميز هذه الطريقة بسهولة إجرائها وقلة تكاليفها مع إمكانية إستخدامها علي مستوى صغار الزراع.

هناك بعض الإجراءات التي يمكن إستخدامها في الطريقتين السابقتين لتحسين إنتاج الكتلة الحيوية من الطحالب ومن هذه الإجراءات:-

أ- إضافة نشارة الخشب أو سرسبة الأرز إلي الأحواض أو الحفر بمعدل ٢٠٠ جم يزيد من إنتاج الكتلة الحيوية نتيجة زيادة مساحة السطح الذي تلتصق به الطحالب كما انه يسهل عمليات الحصاد وكذلك يقلل أو يمنع من تجمع المزيد من التربة مع محصول الطحالب .

ب- يفضل إضافة كمية السوبر فوسفات (٢٠٠ جم) علي جرعتين أو ثلاث جرعات.

ج-يفضل أيضا إضافة التربة مجزأة وليس مرة واحدة.

ب- إنتاج اللقاحات الطحلبية حقليا Filed Production:

بالمقارنة بطريقة الأحواض أو بطريقة الحفر فإن طريقة اللقاحات الطحلبية تتم علي مستوى أكبر كما إنها من الطرق التي تستخدم للإنتاج علي المستوى التجاري وعموما يتم الإنتاج بطريقتين هما:-

١- الطريقة الأولى:-

ويتم فيها إنتاج الطحالب الخضراء المزرقة المثبتة للنيتروجين طبقا للخطوات التالية:-

١- تحدد مساحة من الحقل المزمع زراعة بالأرز للإنتاج الطحلبي، والمساحة المقترحة هي٤٠م^{٢} ولا تحتاج إلي إعداد خاص.

٢- تحاط المنطقة المحددة بحواجز ترابية إرتفاع ١٥ سم من جميع الجهات.

٣- تغمر المنطقة بالماء بإرتفاع ٢.٥سم ويكرر الغمر للمحافظة علي مستوى الماء.

٤- يضاف السوبر فوسفات بمعدل ٣٠٠جم/ م^{٢} أي ما مقداره ١٢ كجم من المساحة الكلية (٤٠ م^{٢}).

٥- إذا كان الحقل المستخدم قد لقح قبل ذلك بالطحالب المراد إنتاجها لمدة موسمين زراعيين علي الأقل فلا حاجة لإضافة لقاح جديد وإلا فتضاف المزرعة الطحلبية بمعدل ٥كجم/٤٠م^{٢}.

٦- لمقاومة الآفات الحشرية التي قد تصيب الطحالب النامية يضاف الكربوفيورن (٣%حبيبات) أو الايكالوكس (٥%حبيبات) بمعدل ٢٥٠ جم /٤٠ م^{٢}.

٧- في الأرض الطينية يحتاج النمو الجيد للطحالب إلي حوالي أسبوعين في جو مشمس، أما في الطمبية فإن النمو يحتاج ما يقرب من ٣ – ٤ أسابيع تحت نفس الظروف.

٨- بعد تكوين طبقة سميكة من النمو الطحلبي تجفف كما هي في الحقل ويتم تجميع الرقائق الطحلبية الجافة وتخزن في أكياس للإستعمال بعد ذلك.

٩- يمكن الإستمرار في عملية حصاد الطحالب من نفس المساحة بدون تلقيح جديد عن طريق إعادة الغمر بالماء وإضافة السوبر فوسفات والمبيد الحشري بنفس المعدلات السابقة.

١٠- إذا تم الإنتاج خلال أشهر الصيف (من ابريل – يوليو) فان متوسط إنتاج الطحلب في المرة الواحدة يتراوح ما بين ١٦ – ٣٠ كجم/ ٤٠م^{٢}. وباستخدام هذه الطريقة فقد تم الحصول علي كمية من الطحالب مقدارها ١٥.٦ طن/هكتار في حدود ٣ أسابيع.

٢- الطريقة الثانية:

يمكن للمزارعين أن ينتجوا الطحالب مع بادرات الأرز في مشاتلهم حيث يخصص المزارع مساحة ٣٢٠ م^{٢} من الأرض لأعدادها كمشتل للأرز ويضيف بجانبها مساحة ٤٠ م^{٢} تعد لإنتاج الطحلبي بنفس الطريقة السابقة. وبعد مرور الوقت الذي تصبح فيه بادرات الأرز جاهزة للشتل فإنه يتكون ما مقداره ١٥ – ٢٠ كجم من الطحالب الجاهزة لتلقيح ١.٥ هكتار. ويمكن زراعة الأرز في المشتل وأيضا في مساحة الـ ٤٠ م^{٢} التي كانت مخصصة لإنتاج الطحالب وبذلك لا يفقد المزارع أي قطعة من أرضه بإستخدام هذه الطريقة.

إن إستخدام ١٠٠ جم من الطحالب الخضراء المزرقة للفدان وقت شتل الأرز توفر ما مقداره ٣/١ – ٢/١ كمية الازوت اللازم أي من ١٥ – ٢٠ وحدة أزوت للفدان. وتنمية الطحالب الخضراء المزرقة في مساحة فدان تعطي كمية من اللقاح تكفي لتلقيح ٥٠ ألف فدان أرز سنويا بهذه الطحالب.

طريقة إستخدام هذا النوع من المخصبات تتم كالأتي:

١- تخلط الكمية المستخدمة من هذا المخصب الحيوي جيدا مع كمية مناسبة من الرمل أو التربة الناعمة ولا يضاف لهذا المخلوط أي أسمدة أو كيماويات.

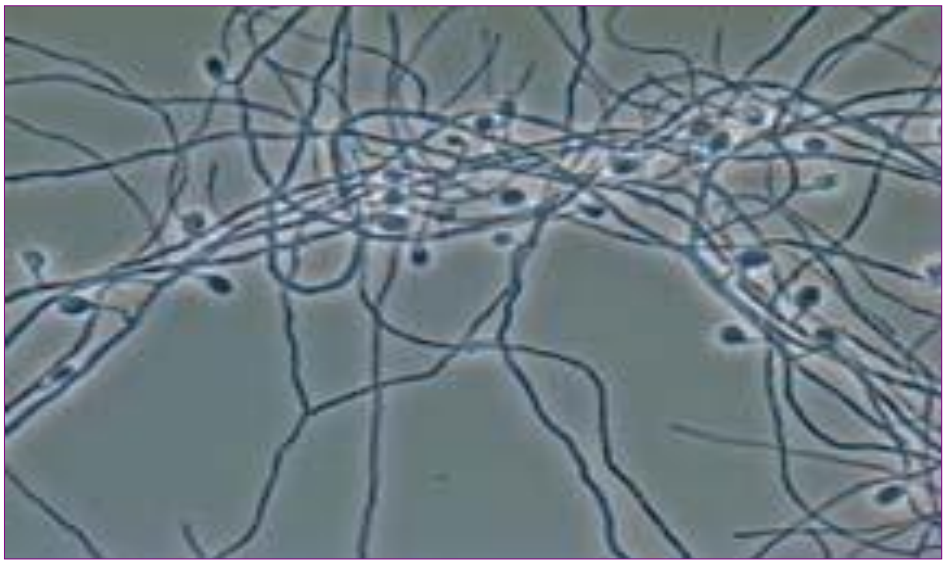
٢- ينثر المخلوط عقب الزراعة فوق سطح الماء.

لقاح الأزولا:

هي نبات سرخسي صغير يعيش طافيا على سطح الماء والتي تنمو بنشاط في قنوات الصرف والبرك والأراضي الموحلة وبجوار شواطئ الأنهار، وهي واسعة الإنتشار في المناطق الإستوائية وكذلك المناطق المعتدلة ولا يكون بمفرده حيث يرتبط بنوع من الطحالب حيث يقوم

بنوع من المعيشة التكافلية مع الأزولا، ويعمل على تثبيت الأزوت الجوي ولذلك يحتوي على نسبة عالية من البروتين تتراوح بين ٢٥- ٣٠% من وزنها الجاف.

وتحتوي الأزولا بداخلها علي طحلب أخضر مزرق مثبت للنيتروجين ذات تركيب خيطي يحتوي علي الهيتروسيست ويعيش السرخس والطحلب في علاقة تكافلية حيث يقوم السرخس بإمداد الطحلب بمصادر الطاقة والكربون كما يوفر له الحماية من الظروف البيئية غير الملائمة وفي نفس الوقت يقوم الطحلب بإمداد السرخس بجزء كبير من النيتروجين الذي يقوم بتثبيته. ولقد وجد أن الأزولا تنمو علي درجة حرارة ١٤ – ٣٠ درجة الحرارة المثلي هي ٢٥ – ٣٠ م أما الرطوبة المثلي فهي تقريبا من ٨٥ – ٩١ % والـpH من ٥ – ٨ ويختلف معدل نمو الأزولا حسب النوع والموقع وكذلك ظروف النمو. ويضاعف نمو الأزولا في مدة تتراوح ما بين ٢ – ٨ أيام حسب النوع وتستخدم الأزولا كسماد أخضر في أراضي الأرز حيث تضيف كمية كبيرة من النيتروجين المثبت للتربة سنويا وبكميات قد تصل إلي ٥٠٠ كجم نيتروجين /هكتار/سنة.



فوائد الأزولا:

١- تستخدم بنجاح في الزراعة كمخصب نيتروجينى طبيعي لمقدرتها على تثبيت الأزوت.

٢- مصدر غذاء جيد للإنسان.

٣- تنقية المياه.

٤- تمتص أيونات الصوديوم العالية من الماء والتي لا يستطيع النبات إستخدامها مباشرة.

٥- تعطى كمية كبيرة من المادة العضوية والجراثيم لسرعة نموها وتوفير نسبة عالية من الأزوت.

٦- تحتوى على نسبة كافية من الفوسفور والبوتاسيوم.

٧- تستخدم كعلف لتغذية الأسماك والحيوانات والدواجن حيث تصل نسبة البروتين إلى ٣٠ % من المادة الجافة.

٨- نبات مقاوم لنمو الحشائش الضارة لسرعة نموها.

ويوجد العديد من العوامل التي تؤثر على التركيب الغذائي للأزولا وينصح بالتغذية عليها قبل تمام نضجها (عند عمر لا يتعدى العشرين يوما) حتى تكون طرية وعصيرية وقليلة الألياف. ويتفوق محتوى الأزولا من البروتين والدهن عن رده القمح، ولكن يختلف التركيب الغذائي للأزولا بإختلاف الفصول وطريقة الزراعة وينتج هكتار (١٠٠٠٠ متر مربع) الأزولا شهريا حوالي ٦-٨ طن مادة جافة، و٤٥٠-٧٢٠ كجم بروتين خام. ويتراوح محتوى الأزولا من البروتين الخام بين ٢٣ -٣٠% ويتميز بمحتوى جيد من الأحماض الأمينية الأساسية ما عدا

اللسيسين والميثونين والهستدين وعلى ذلك فإن الأزولا غير مناسبة كمصدر وحيد للبروتينات مع الحيوانات وحيدة المعدة (كالأرانب). وتحتوى الأزولا على محتوى ألياف منخفض نسبياً (١١-١٣% على أساس المادة الجافة) بينما تقل نسبة الرماد إلى ٢٠%.

أ- تأثير الأزولا على حقول الأرز:

يعتمد التأثير النافع للأزولا في حقول الأرز علي ما يلي:-

١- صنف الأزولا:

حيث وجد أن حقول الأرز المسمدة بالنوع A.*maxicana* يكون إنتاجها أفضل من المسمدة بالنوع A.*filiculoides*.

٢- صنف الأرز:

حيث وجد أن بعض أصناف الأرز تكون أكثر إستجابة للتلقيح بالأزولا عن بعض الأصناف الأخرى.

٣- نوع التربة:

حيث وجد أن إضافة الأزولا إلي أرضي منخفضة الخصوبة يعطي غلة في محصول الأرز أعلي منه في حالة إضافة الأزولا إلي أراضي مرتفعة الخصوبة.

٤- المعاملات الزراعية:

حيث وجد أن الأزولا المنماة في لمشتل بحالة فردية والتي تضاف بعد التنمية إلي حقول الأرز تعطي نتائج أفضل عنه في حالة تحميلها علي نباتات الأرز وتركها للموت والتحلل الطبيعي.

٥- طرق زراعة الأزولا:

هناك ٣ طرق مختلفة يمكن أن تستخدم في زراعة الأزولا لإستخدامها كسماد أخضر يضاف إلي حقول الأرز وهذه الطرق هي:-

١- تنمى الأزولا في أحواض صغيرة أو في برك كمحصول فردي ثم تنقل بعد ذلك إلي حقول الأرز حيث تضاف أو تخلط بالتربة الغدقة كسماد اخضر قبل شتل الأرز.

٢- تنمى الأزولا كنبات محمل علي الأرز وذلك بنشرها علي سطح الماء في حقول الأرز وبعد نموها تترك لتتحلل أي يسمح لها بالموت والتحلل الطبيعي.

٣- تنمى الأزولا بالنظام المزدوج أي بكلتا الطريقتين السابقتين كمحصول فردي ومحصول محمل علي الأرز.

الفصل الخامس

١-الميكوريزا:-

تعرف بالفطر الجذري Fungus root ويندر وجودة في الوسط المحيط إلا على مقربة شديدة من الجذور النباتية خاصة في الأراضي الفقيرة في الفوسفور والنيتروجين وكذلك حول الجذور التي بها نسبة عالية من الكربوهيدرات الميسرة ولا يعتبر من فطريات التربة حيث أنه يتخذ من الجذور والتعايش معها موطنا بيئيا ملائما له، أي أنه حالة من تعاون فريدة بين الفطر وجذر النبات الراقي، فتقوم هذه الفطريات بعمل الشعيرات الجذرية على جذور نبات العائل حيث تساعد النبات على إمتصاص الماء والأملاح المعدنية مثل الفوسفور والنيتروجين والكالسيوم والبوتاسيوم والنحاس والحديد. وتأخذ الفطريات إحتياجاتها الغذائية المعقدة من الأحماض الأمنية والفيتامينات (مثل فيتامين ب) والكربوهيدرات اللازمة لتمثيله من العائل، وأصل كلمة ميكوريزا هو يوناني حيث أن -myco تعنى فطر ومقطع rhiza تعنى جذر ومن هنا تسمى بالفطر الجذري.

تقسيم فطر الميكوريزا:

تقسم الميكوريزا من حيث طبيعة المعيشة مع العائل والخواص الفسيولوجية إلى:-

١- **فطريات تعيش بين الخلايا Ectomycorrhizae or Ectotrophic mycorrhizae or Ectophyte**

هذه المجموعة تكون غلاف mantle حول جذور العائل بطبقة سمكها ٢٠-٤٠ ميكروميتر كما تمتد الهيفات الداخلية وتنمو خلال المسافات بين الخلايا من منطقة القشرة وتوجد هذه المجموعة في جذور كثير من الأشجار الإقتصادية مثل الزان والصنبور وأشجار الغابات. ومن أجناس الميكوريزا التي تتبع هذه المجموعة .*boletus, lactarius, amanita* وهى كمثل جميع أنواع الميكوريزا لها دور هام في تيسير الفسفور للنبات. ويتميز هذا النوع بإمكانية تنميته على بيئة صناعية.

٢- **فطريات تعيش بين وداخل الخلايا العائل Ectoendmycorrizae, Ectoendotrophic, Ectoendophyte**

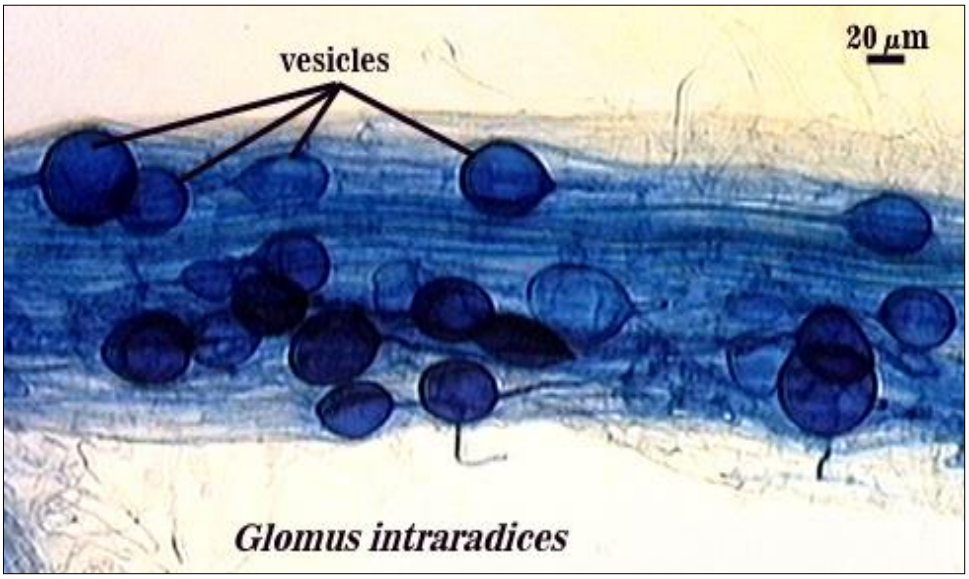
وهذه المجموعة تكون أقل سمكا في الجدار من السابقة وهى تحيط بالخلايا وتتخللها أيضا إلى داخلها وقد وجد أن هيفات هذه الفطريات الموجود داخل الجسم تتحلل وتكون مصدر للكربون والفوسفور.

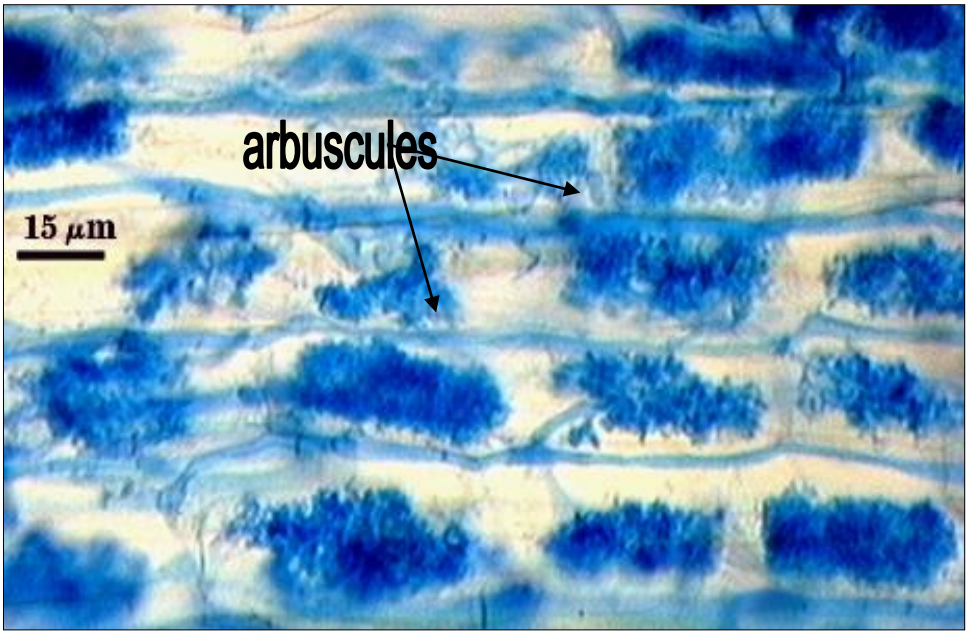
٣- **فطريـات تعـيش داخـل الخلايـا العائـل Endomycorrhizae, Endotrophic, Endophyte or VAM**

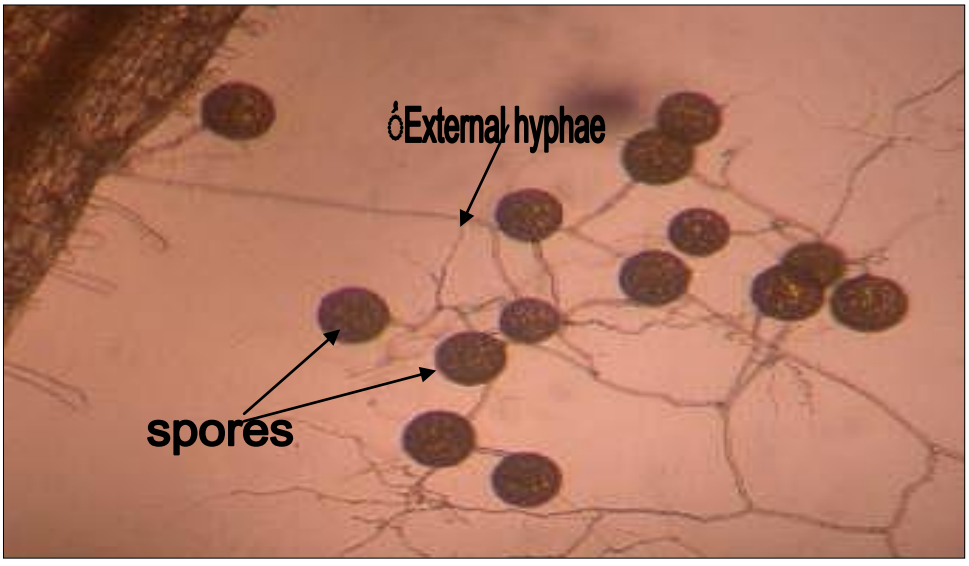
هي فطريات تخترق جذور النباتات وتدخل لداخل الخلايا وتتكاثر مع وجود جزء منها خارج الجذر ممتد في التربة وهى تنتشر مع كثير من العائلات النباتية حيث أنها واسعة الإنتشار ويمكنها إصابة حوالي ٩٠% من النباتات خاصة النباتات الإقتصادية وهى أكثر إنتشاراً من الأنواع الأخرى السابقة. وهى تتميز بأنها لا يمكن تنميتها على بيئة غذائية صناعية بل يحتاج لجذور نباتات حيه،ومن أهم أجناسها *Glomus, Gigaspora*, Acaulospora ووجد أن الجذور المعدية بالفطر تتميز بتغير طفيف في اللون إلى اللون الأخضر المصفر نتيجة لإفراز الفطر صبغات خاصة.

أهم ما يميز فطريات VAM في جذور العائل وجود تفرع شجيرى الشكل يسمى Arbascular وأوعية (حويصلات) Vesicular ومن هنا جاء الأسم Vesicular Arbascular Mycorrhiza (VAM) ولكن لآن بعض الأجناس من فطر الميكوريزا الداخلي تفقد القدرة على تكوين الأوعية (الحويصلات) في الجذور ولذلك يكتفي الآن بـ AM Fungi بدلا من VAM fungi. الأوعية قد تكون بيضاوية الشكل وأحيانا قد تكون مستديرة أو ذات فصوص وتوجد بين خلايا القشرة أو بداخلها وهى متصلة بهيفات الفطر وتعمل الأوعية كأعضاء تخزين وفى جذور الخلايا المسنة تتحول إلى جراثيم Resting spores تخرج إلى التربة عند تحلل الجذور.

التفرع الشجيرى يقوم بعملية تبادل المواد الغذائية بين كل من الفطر والعائل (الكربوهيدرات والأحماض الأمينية والفيتامينات من النبات للفطر والفوسفات والعناصر المعدنية الأخرى من الفطر للنبات) وهى توجد بالقشرة وتتكون بعد عدة أيام من غزو الفطر لجدار العائل وتتحلل بعد أسبوعين أو ثلاثة ليتكون بدلا منها تفرعات شجيرية جديدة.


vesicles
20 μm
Glomus intraradices


arbuscules
15 μm


óExternal hyphae
spores

هيفات الفطر المتصلة بجذر النبات العائل والممتدة بالتربة بعيدا عن الجذور تعمل كشبكة إضافية من الشعيرات الجذرية root hairs حيث تنتقل العناصر الغذائية من التربة إلى التفرعات الشجيرية للفطر داخل جذر العائل ومنها إلى أجزاء النبات الأخرى. وقد وجد أن الهيفات الخارجية للفطر ذات كفاءة أعلى من الشعيرات الجذرية في إمتصاص العناصر الغذائية من التربة وبسرعة إمتصاص أعلى uptake rate خاصة في الأراضي الفقيرة في العناصر الغذائية مثل الفوسفور والنيتروجين وذلك راجع إلى أن هيفات الفطر أقل سمكا من الشعيرات الجذرية بمعدل ١٠ مرات مما يزيد من السطح النوعي لليهفا مما يساعدها على الإمتصاص أكثر وكذلك فإن هيفات فطر الميكوريزا قد يتجاوز طولها ٦٠ متر في جرام واحد من التربة وبهذا فهي أطول بكثير من الشعيرات الجذرية وبالتالي لها قدرة أعلى على إحاطة مساحة أكبر من التربة مما يؤدى في النهاية لقدرة أعلى على إمتصاص العناصر الغذائية التي يعانى من نقصها النبات خاصة عنصر الفوسفور (أي تزيد منطقة إستنزاف العنصر root depletion zone). وهيفات الفطر الخارجية تحمل جراثيم مختلفة المقاسات وتمتد لعدة سنتيمترات في التربة المحيطة بالنبات.

العوامل المؤثرة فى الإصابة بفطر الميكوريزا الداخلى AM fungi :

١- تأثير رقم حموضة التربة Effect of soil pH

عدد من الأبحاث أكدت أن أعلى كفاءة لفطر الميكوريزا في تحسين المحصول كانت عند pH=7.5 وأبحاث أخرى وجدت أن نشاط فطر الميكوريزا يكون أفضل عند pH=6.5 وأفضل من عند ٤.٣. أي أن فطر الميكوريزا يميل إلى رقم حموضة قلوي أو مائل للتعادل عن الوسط الحامضى.

٢- تأثير المحتوى الرطوبى للتربة Effect of soil water content

وجد أن الميكوريزا يمكنها من تحمل الجفاف والمقاومة عن طريق الهيفات الممتدة في التربة مما يزيد سطح الإمتصاص . وقد وجد أن العدوى بفطر الميكوريزا يزيد من قدرة كل من نباتات القطن والقمح والذرة وفول الصويا والبصل والبرسيم الأحمر والفلفل على مقاومة جهد الجفاف وتحمله مقارنة بالنباتات غير المعدية.

٣- تأثير الملوحة Effect of salinity

فطر الميكوريزا يظهر في معظم أنواع الأراضي وقد وجد أنه يتواجد بالأراضي المتأثرة بالملوحة ولا يتأثر بالملوحة مقارنة مع الفطريات المنماة في تربة غير متأثرة بالملوحة وقد وجد

أنه يساعد النباتات مثل البصل والفلفل على تحمل الملوحة مقارنة مع النباتات الغير معدية بالميكوريزا.

٤- تأثير المادة العضوية Effect of organic matter

وجد أن زيادة المادة العضوية بالتربة تؤدى إلى زيادة نمو فطر الميكوريزا وخاصة المادة العضوية الطازجة تزيد من معدل إصابة النباتات بفطر الميكوريزا.

٥- تأثير حرارة التربة Effect of temperature

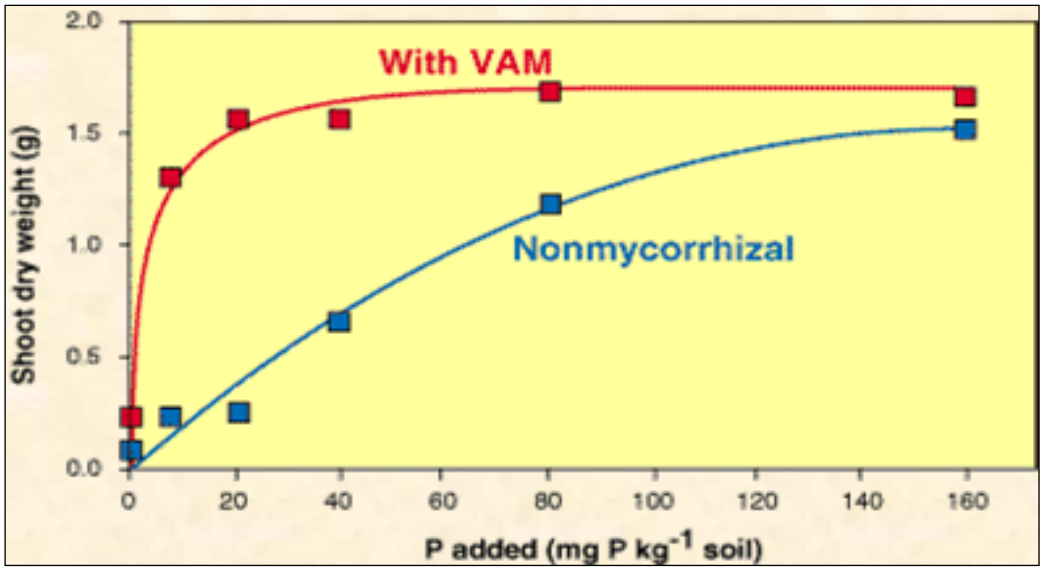
وجد أن أعلى قدرة لفطر الميكوريزا على إصابة جذور النباتات بزيادة درجة الحرارة حتى ٣٥°م ووجد أن أفضل مدى لفطر الميكوريزا لإحداث أعلى نسبة إصابة لجذر النبات العائل يكون ما بين ٢٠ – ٣٠°م.

٦- تأثير الإضاءة Effect of light intensity

وجد أن الظل يقلل من كفاءة فطر الميكوريزا في إصابة جذور النباتات وهذا قد يرجع إلى أن عند مستوى الإضاءة المناسب يتمكن النبات بالقيام بعملية التمثيل الضوئي بصورة جيدة مما يؤدى لإنتاج الكربوهيدرات التي يحتاجها فطر الميكوريزا للنمو وزيادة الكفاءة في إصابة النبات العائل.

أهمية فطريات الميكوريزا الداخلية AM fungi :

١- من أهم أدوار الميكوريزا هو زيادة استفادة النبات من الفوسفور والنيتروجين والبوتاسيوم وكذلك العديد من العناصر الصغرى مما يؤدى إلى زيادة نمو النبات العائل وتحسين الإنتاج مقارنة مع النباتات الغير ملقحة بفطر الميكوريزا.



٢- وقد وجد أن إنتشار الميكوريزا في الأراضي الفقيرة بالفوسفور والنيتروجين في حين وجود مستويات عالية من هذه العناصر يصاحبه بطء نمو مثل هذه الفطريات (وهذا قد يكون راجع إلى أن عند المستويات العالية من الفوسفور المتاح بالتربة أو المعدلات العالية من الإضافة للفسفور للتربة يؤدى لزيادة مستوى الفوسفوليبيدات بالنبات (في منطقة الجذر) التي تؤدى لنقص نفاذية الأغشية ونقص إفراز الأحماض العضوية والأحماض الأمينية والسكريات التي هي مصدر الغذاء للفطر ونموه وإنبات جراثيم الفطر). وقد وجد أن الميكوريزا تزيد وتبلغ أقصاه عند إحتواء الجذور على مخزون كبير من المواد الكربوهيدراتية خاصة في الفترات التي تعقب عمليات التمثيل الضوئي حيث أن هذا الفطر يعيش معيشة تكافلية مع الجذور، من ذلك يتضح أن العدوى بالميكوريزا في الأراضي الغنية بالفوسفور تكون غير مجدية ولكن تظهر أهميتها في الأراضي التي يظهر بها أعراض نقص الفوسفور (من أهم أعراض نقص الفوسفور تلون النبات باللون الأخضر الغامق مع ظهور أحمرار أو لون أرجواني على النبات مع حدوث بطء في النمو).

في رسالة ماجستير أبو السعود ١٩٩٨ بعنوان أثر تلقيح الأرض المعاملة بسماد عضوي بفطر الميكوريزا على نمو ومحصول القطن وعلاقة ذلك بالتسميد الفوسفاتي.

هدفت هذه الدراسة إلى استعراض تأثير الميكوريزا والتسميد الفوسفاتي والأسمدة العضوية (سماد قمامة المنازل) على النمو والإنتاجية والمحتوى من العناصر الغذائية لمحصول القطن (جيزة ٧٠). تم تنفيذ هذه التجربة بمزرعة كلية الزراعة (سابا باشا) جامعة الإسكندرية. وقد أستخدمت مستويات من التسميد العضوي كما يلي صفر، ١٠، ١٥، ٢٠ طن / فدان. وكانت مستويات التسميد الفوسفاتي صفر، ٣٠، ٦٠، ٩٠ كجم فوسفات / فدان وذلك باستخدام سماد سوبر فوسفات (١٥.٥% فوسفات).

ويمكن تلخيص النتائج المتحصل عليها كما يلي :-

أ) العدوى بفطر الميكوريزا :-

١- كل الصفات التي قيست خلال الموسم (طول الجذر، طول الساق، عدد الأوراق، وزن الجذر الجاف، وزن الساق الجاف، وزن الأوراق الجاف، الوزن الكلى للنبات) زادت معنويا نتيجة العدوى بفطر الميكوريزا.

٢- الصفات التي قدرت في نهاية موسم الحصاد (طول النبات، عدد الأفرع الخضرية، عدد الأفرع الثمرية، عدد اللوز المتفتح، عدد اللوز المتساقط، عدد اللوز الكلى، المحصول للنبات ، المحصول للبلوط، المحصول للهكتار) كان لها زيادة معنوية نتيجة العدوى بفطر الميكوريزا.

٣- زاد تركيز كل العناصر الكبرى (N, P, K, Ca, Mg) والصغرى (Fe, Mn, Zn, Cu) زيادة معنوية نتيجة العدوى بفطر الميكوريزا.

٤- زاد الفوسفور المتاح بالتربة زيادة معنوية نتيجة العدوى بفطر الميكوريزا.

وعموما..... يمكن أن نوصى بإستخدام معدل ١٥ طن/ فدان من السماد العضوي، ٩٠ كجم فوسفات / فدان من السوبر فوسفات، وكذلك العدوى بفطر الميكوريزا.

وفي رسالة دكتوراه أبو السعود ٢٠٠٥ بعنوان تأثير الميكوريزا والبكتيريا المذيبة للفوسفات علي تغذية بعض محاصيل الخضر بالفوسفور

أجريت هذه التجربة بهدف دراسة إستجابة نبات الجزر لمدى ضيق من الفوسفور في وجود أو عدم وجود فطر الميكوريزا. تم تنمية النباتات في أصص وتم إستخدام ٥ معدلات فوسفور وهى (61, 88, 130, 162, and 218 mg P-CAL kg soil^{-1}) في غرف نمو مع ١٦ ساعة ضوء و٨ ساعات إظلام و٢٠ درجة مئوية لليوم و١٥ درجة مئوية ليلا ورطوبة نسبية ٩٥%. وتم أستخدام ١٢ مكررة في تصميم قطاعات عشوائية كاملة. وقد تم الحصاد على مرتين بعد ٢٤ و٥٠ يوم بعد شتل الباتات بمعدل ٦ مكررات عند كل حصاد.

وتم تقدير كل من المادة الجافة للنبات وتركيز الفوسفور في النبات وكذلك طول الجذر وطول هيفا الفطر وذلك عند كل حصاد.

النتائج أوضحت أن النباتات الملقحة بفطر الميكوريزا (M49) كانت أكثر كفاءة في إستخدام الفوسفور عن النباتات الغير ملقحة. وكذلك طول الجذر للنباتات الملقحة بفطر الميكوريزا كانت أكثر طولا من النباتات الغير ملقحة. وهذه النتائج تؤكد أن النباتات ذات كفاءة للفوسفور أكثر مقدرة على إنتاج جذر طويل حيث أن طول الجذر مؤشر جيد لكفاءة إمتصاص الفوسفور.

وفي تجربة أخرى بنفس الرسالة

أجريت هذه التجربة بهدف دراسة إستجابة نبات الجزر لمدى واسع من الفوسفور في وجود أو عدم وجود فطر الميكوريزا. تم تنمية النباتات في أصص وتم إستخدام ٥ معدلات فوسفور وهى (20, 39, 69, 169, and 332 mg P-CAL kg soil^{-1}) في غرف نمو مع ١٦ ساعة

ضوء و٨ ساعات إظلام و٢٠ درجة مئوية لليوم و١٥ درجة مئوية ليلا ورطوبة نسبية ٩٥%. وتم أستخدام ١٢ مكررة في تصميم قطاعات عشوائية كاملة . وقد تم الحصاد على مرتين بعد ٢٨ و ٤٣ يوم بعد شتل النباتات بمعدل ٦ مكررات عند كل حصاد

تم تقدير كل من المادة الجافة للنبات و تركيز الفوسفور في النبات وكذلك طول الجذر وطول هيفا الفطر وذلك عند كل حصاد.

عند المستوى المنخفض من الفوسفور كان النقص في النمو بمعدل ٢٣% بالنسبة للنباتات الملقحة بفطر الميكوريزا.على العكس كان النقص في النباتات الغير ملقحة بنسبة ٩٥% عند نفس المستوى من الفوسفور. وهذا يدل على أن النباتات الملقحة أكثر كفاءة للفوسفور عن النباتات الغير ملقحة. وكذلك النباتات الملقحة بالميكوريزا أكثر مقاومة للمستويات المنخفضة من الفوسفور مقارنة بالنباتات الغير ملقحة.

طول الهيفا لفطر الميكوريزا نقصت بزيادة معدلات الفوسفور وهذا يبين العلاقة العكسية ما بين الفوسفور وطول الهيفا. هيفا فطر الميكوريزا لها المقدرة للأمتداد بالتربة وامتصاص الفوسفور ولذلك يمكن إرجاع زيادة كفاءة إمتصاص الفوسفور للنباتات الملقحة بالفطر إلى قدرة هيفا الفطر على الإمتداد وإمتصاص الفوسفور.حيث أن هيفات الفطر تستنزف الفوسفور حول الجذر وتنقص تركيز الفوسفور في النطاق حول الجذر Rhizosphere.

أجريت هذه التجربة بهدف دراسة إستجابة كل من البصل والكرات للتلقيح بفطر الميكوريزا عند معدلين من الفوسفور. تمت هذه التجربة تحت ظروف مشابهة للتجربة السابقة. ولكن تم الحصاد لمرة واحدة بعد ٦٩ يوم من شتل النباتات وأستخدم ٤ مكررات عند الحصاد. تم تقدير كل من المادة الجافة للنبات و تركيز الفوسفور في النبات وكذلك طول الجذر وطول هيفا الفطر وذلك عند وقت حصاد.

أظهرت النتائج أن النباتات الملقحة بفطر الميكوريزا أكثر كفاءة في أستخدام الفوسفور مقارنة بالنباتات الغير ملقحة بالفطر. النسبة ما بين طول الجذر:والوزن الجاف للنمو الخضري لنبات البصل زادت تحت المستوى المنخفض من الفوسفور. على العكس كان نبات الكرات وهذا يدل على ضعف قدرة نبات الكرات على إمتصاص الفوسفور. كانت إستجابة نبات البصل والكرات الغير ملقحة بفطر الميكوريزا أكبر لزيادة معدلات الفوسفور مقارنة بالنباتات الملقحة بفطر الميكوريزا.

من واقع النتائج السابقة يمكن أن نوصى بإستخدام فطر الميكوريزا تحت ظروف نقص الفوسفور حيث أن الفطر يزيد من كفاءة النبات للاستفادة من الفوسفور.

٣- للميكوريزا دور هام في حماية جذور النباتات من الإصابة بالعديد من الأمراض وذلك عن طريق:

- منافسة الكائنات الممرضة على الغذاء المتوفر بالتربة.
- بواسطة إنتاج عدد من المضادات الحيوية.
- الميكوريزا تحسن من تغذية النبات العائل مما يؤدى لزيادة مقاومته لبعض الميكروبات.

تعتبر نقص محتوى التربة الزراعية من العناصر الغذائية (في صورة سهلة وصالحة يمكن للنبات إمتصاصها والإستفادة منها) من أهم العوامل التي تؤثر علي نمو النباتات وعلي قدرتها في مقاومة المسببات المرضية وبالتالي على إنتاجيتها، وفى هذا الصدد يتم إضافة الأسمدة إلى التربة، سواء العضوية أو الكيماوية، شرط أن تكون عناصرها في صورة سهلة الذوبان بما يمكن جذور النباتات من إمتصاصها والإستفادة منها.

ورغم وجود معظم المسببات المرضية في التربة فإنه يوجد أيضا العديد من الكائنات النافعة في التربة منها الفطريات وأهمها فطر الميكوريزا، والتي تتعايش مع جذور النباتات في نظام تكافلي، فتأخذ من النباتات عنصر الكربون على صورة الكربوهيدرات الموجودة في إفرازات الجذور أو من خلايا البشرة، وفى نفس الوقت تقوم بنقل العناصر الغذائية من التربة إلى جذور النباتات، كما تحمى تلك الجذور من مهاجمة العديد من المسببات المرضية لها. وتوجد تلك الفطريات في جميع أنواع الأراضي الزراعية بنسب متفاوتة، وهى قادرة على الدخول في علاقة تكافلية مع غالبية النباتات الراقية، سواء المحاصيل الحقلية والخضر وأشجار الفاكهة، وكذلك نباتات الزينة.

يقوم فطر الميكوريزا بحماية جذور تلك النباتات من الإصابة بفطريات أعفان الجذور والذبول، وذلك عن طريق :

١- إستهلاك فطريات الميكوريزا للكربوهيدرات الموجودة في إفرازات جذور النباتات، مما يؤدى إلى فشل الكائن الممرض في الإهتداء لجذور العائل، وبالتالي فشله في إحداث الإصابة.

٢- إحتلال فطريات الميكوريزا للمدخل (المستقبلات) الموجودة على الشعيرات الجذرية للنبات، وبالتالي تضعف من فرصة غزو الكائنات الممرضة للجذور.

٣- منافسة فطر الميكوريزا للكائن الممرض علي الغذاء الموجود بالتربة مما يؤدي لضعف قدرة المسبب المرضي علي إحداث الإصابة.

٤- يعمل فطر الميكوريزا كحائط صد أولي ضد الكائنات الممرضة من خلال إنتاج عدد من المضادات الحيوية.

٥- الميكوريزا تحسن من تغذية النبات العائل من خلال إمداده بالعناصر الغذائية التي يحتاجها مما يؤدي لزيادة مقاومته لعدد من الميكروبات.

ويؤدى إكثار وإنتاج فطريات الميكوريزا بكميات كبيرة تكفى لتلقيح التربة الزراعية، بدءا بمناطق الزراعة الحيوية والزراعات المحمية ومشاتل الخضر والفاكهة ثم الحقل المفتوح إلى:

١- وقاية النباتات من الإصابة بالأمراض.

٢- زيادة قدرة النباتات على مقاومة الآفات.

٣- حماية النباتات من الإصابة بالنيماتودا وزيادة قدرتها على تحمل الإصابة.

٤- تحقيق الإستفادة القصوى للنباتات من العناصر الغذائية الموجودة بالتربة، حتى ولو كانت بطيئة الذوبان يصعب إمتصاص الجذور لها، مثل الفوسفور الموجود في صخر الفوسفات وكذلك البوتاسيوم والكالسيوم.

٥- زيادة قدرة النباتات على إمتصاص الماء من التربة، وبالتالي زيادة قدرتها على تحمل العطش ونقص مياه الري.

والفوائد السابقة تحقق الأهداف التالية:-

١- تقليل إستخدام المبيدات والمطهرات الفطرية الأمر الذي يساعد على:-

- تقليل تكلفة الإنتاج، وبالتالي زيادة العائد الاقتصادي.
- المساهمة الفعالة في حماية البيئة من التلوث الناتج عن إستخدام المبيدات .

٢- ترشيد إستخدام الأسمدة الكيماوية المجهزة سريعة الذوبان وإستعمال المواد الطبيعية في التسميد

مثل صخر الفوسفات (يوجد منه كميات كبيرة بمنجم أبو طرطور) لأن فطر الميكوريزا قادر على تحليل تلك المواد في التربة وإمتصاصها ونقلها لجذور النباتات.

وهذا يساعد على:

- توفير كميات كبيرة من الأسمدة الكيماوية المجهزة والمصنعة لسد إحتياجات مناطق التوسع الزراعي الجديدة، وكذلك للتصدير.
- الإستفادة بالموارد الطبيعية الموجودة في مصر في التسميد الزراعي مثل إستخدام صخر الفوسفات الخام بدون تجهيزه وتحويله إلى صورة سهلة الذوبان، مما يساعد على زيادة العائد الإقتصادي الزراعي.
- زيادة خصوبة التربة عن طريق تسهيل تحويل ونقل عناصر التربة شحيحة الذوبان إلى داخل جذور النباتات من خلال هيفات فطريات الميكوريزا مما ينتج عنه الحصول على نباتات قوية خالية من الإصابات المرضية، وبالتالي ذات إنتاجية عالية كما ونوعا.

٤- وجد أن إحتياج النبات للماء يقل في حالة وجود الميكوريزا عنه في حاله عدم وجودها وبذلك في التغلب على فترات الجفاف.

٥- وجد أن فطر الميكوريزا يساعد النبات العائل على تحمل الملوحة مقارنة مع النباتات المنماة بدون عدوى بفطر الميكوريزا.

٦- يحسن من خواص التربة ويزيد من تهويتها عن طريق تكوين حبيبات مجمعة soil aggregate مما يؤدى إلى تحسين بناء التربة وذلك من خلال ربط الحبيبات بهيفات الفطر أو عن طريق إفراز مواد سكرية تؤدى إلى لحم الحبيبات مع بعضها.

٧- الفطر يساعد النباتات على تحمل قلوية التربة عن طريق إنقاص رقم الـ pH حول منطقة الجذور عن طريق إفراز أحماض عضوية مما يساعد أيضا على تيسير العناصر واستفادة النبات بها.

هذا بالإضافة لعدد من الأدوار الأخرى المكتشفة حديثا في المعالجة الحيوية Bioremediation لملوثات التربة.

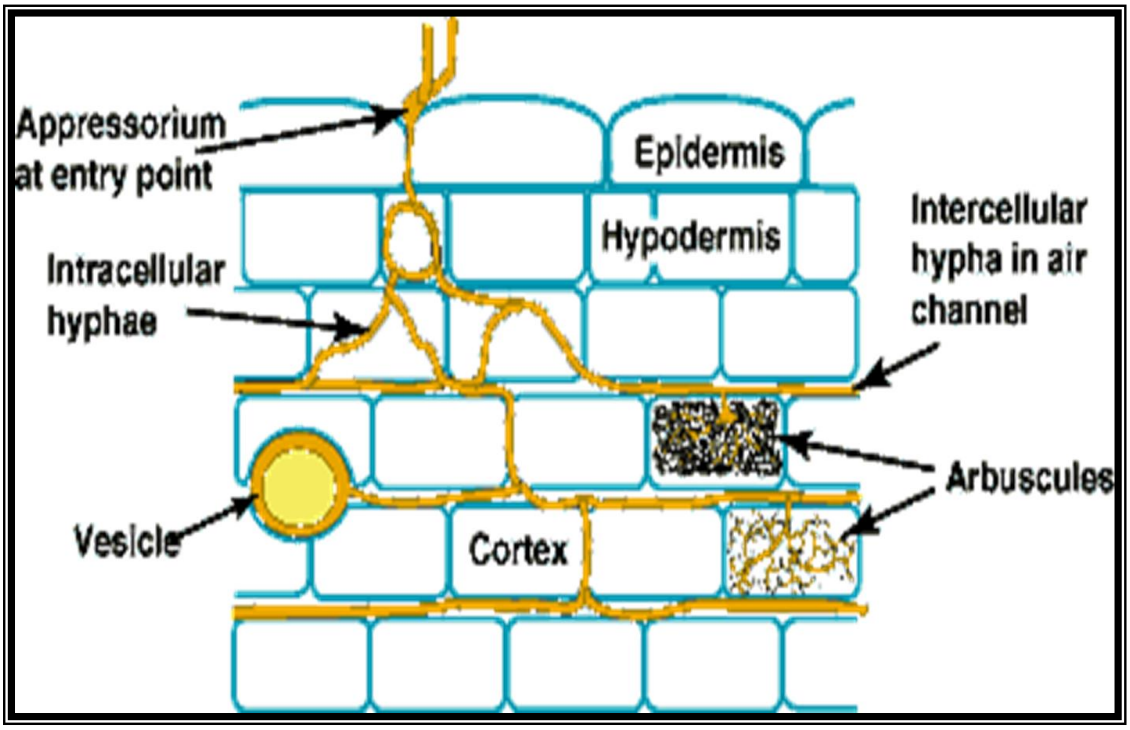
ميكانيكية عمل الميكوريزا:

ميكانيكية عمل فطر الميكوريزا خاصة AM fungi وتشمل على ثلاث خطوات وهى:

١- إمتصاص الفوسفور وعناصر غذائية أخرى من التربة بواسطة الهيفات الخارجية. ومن المعروف أن الهيفات الخارجية للفطر تتميز بصغر قطرها (٢- ٤ mu) مما يؤدى لزيادة سطح الإمتصاص وكذلك تمكن هذه الهيفات من الدخول في الفراغات الضيقة التي يصعب على جذور النبات أو الشعيرات الجذرية الوصول لها. أما بخصوص عمليه إمتصاص الهيفات للعناصر الغذائية فذلك من خلال إطلاق أحماض عضوية ومواد مخلبية وإطلاق إنزيم الفوسفاتيز. الذي يساعد بدورة على معدنه الفوسفور العضوي وجعله في صورة غير عضوية يمكن للنبات الإستفادة منها.

٢- إنتقال العناصر الممتصة خلال الفطر إلى داخل جذر النبات. وقد وجد أن الفوسفور ينتقل خلال الفطر من الخارج إلى الداخل في صورة polyphosphates.

٣- إنتقال العناصر الغذائية من الفطر إلى النبات من خلال مواقع تبادل الغذاء (التفرعات الشجيرية arbuscules) التي تقوم في البداية بعملية تحلل مائي لـ polyphosphates وتحوله إلى فوسفور غير عضوي حيث تنقله إلى داخل خلايا جذر النبات العائل.



تواجد فطريات الميكوريزا الداخلية فى الأراضى المصرية:

تلعب فطريات الميكوريزا الداخلية التي تعيش داخل خلايا العائل دورا هاما في أراضى حوض البحر الأبيض المتوسط وأراضى المناطق الجافة فالظروف البيئية السائدة في هذه الأراضي من حيث إرتفاع درجة الحموضة ونسبة كربونات الكالسيوم والقدرة على تثبيت الفوسفور مع توفر الحرارة والضوء تشكل عوامل مشجعة لنمو هذه الفطريات وتعايشها مع النبات العائل. وبالإضافة إلى ذلك فإن هذه الفطريات تمثل وسيلة فعالة لتقليل التكاليف المستخدمة في إنتاج أسمدة فوسفاتية ذائبة.

وقد أوضحت الدراسات التي أجريت خلال السنوات الأخيرة على الأراضي المصرية المنزرعة (وهى ذات رقم الحموضة المرتفع وإنخفاض نسبه الفوسفور الميسر) إن فطريات الميكوريزا الداخلية توجد في جميع الأراضي التي درست بكثافة تصل في المتوسط ما بين ٧- ١٠ ألاف جرثومة لكل كيلو جرام تربه. وقد تراوحت نسبة الإصابة بهذه الفطريات في جذور النباتات النامية بين ٢٠- ٥٠ % وذلك حسب نوع النبات النامي والمنطقة المنزرع بها ودرجة خصوبة التربة وظروفها البيئية. وقد إنخفضت النسبة لأقل من ١٠ % في الأراضي الحديثة الإستصلاح المنزرعة لأول مرة .

إستخدام التكنولوجيا الحديثة في إكثار فطريات الميكوريزا الداخلية:-

من المعروف أن فطريات الميكوريزا وبصفة خاصة فطريات الميكوريزا الداخلية – لا يمكن تنميتها على بيئة صناعية ومن خلال الدراسات والمعلومات التي تم التوصل إليها أمكن تحديد الطرق والوسائل التي سيتم إكثار فطريات الميكوريزا بها وهى:-

الطريقة التقليدية:-

وتسمى هذه الطريقة مزارع الأصيص وتنحصر هذه الطريقة في تجهيز بيئة زراعية مناسبة (تربة طمية + رمل + فيرموكليت + بيتموس)، ثم تعبئتها بأصص مقاس ٢٠ مع عدواها بلقاح فطريات الميكوريزا ثم زراعتها بصنف نباتي مناسب (حشيشة السودان) مع المحافظة عليها في مكان معزول بعيدا عن أى مصدر تلوث فطرى أو حشري أو نيماتودى (صوبة مجهزة) لمدة ٣- ٤ اشهر، يتم خلالها إصابة جذور نباتات حشيشة السودان بفطريات الميكوريزا لتدخل معها في علاقة تكافلية مكونة الحوصلات الشجرية داخلها، ثم بتكوين الأكياس الجرثومية والجراثيم في منطقة الريزوسفير حول النباتات. بعدها يتم التخلص من المجموع الخضري للنباتات وتجفف بالجذور وتطحن، وبذلك تكون معدة لعدوى نباتات أو تربة زراعية أخرى بها.

مزايا هذه الطريقة:-

١- طريقة سهلة ويمكن تجهيز كميات كبيرة من اللقاح في مساحة صغيرة.

٢- لا تحتاج إلى تجهيزات معقدة في أنتاج اللقاح.

٣- اللقاح الناتج تستمر حيويته لمدة طويلة تصل إلى عامين، فقد ثبت أن أنسب طريقة لحفظ فطريات الميكوريزا الداخلية – أن تكون في تربة زراعية.

بعض المركبات العالمية المنتجة بتلك الطريقة:

١- Bio-Vam منتج أمريكي.

٢- Mycogold منتج ماليزي.

٣- Myco Blend منتج ماليزي.

٤- myco turf منتج ماليزي.

٥- Myco Organik منتج ماليزي.

المزارع اللاأرضية (المائية) Hydroponic Culturues

وهذا النظام من الزراعة الحديثة يستخدم في عدة مناطق من بلدان العالم لتلافى عيوب التربة أو للحصول على منتج زراعي على درجة عالية من النظافة والجودة، ويمكن إستخدام هذا النظام من الزراعة للحصول على لقاح سائل يحتوى على جراثيم فطريات الميكوريزا، ويلزم لفترة الإنتاج مدة مساوية تقريبا للإنتاج بالطريقة التقليدية إلا أن لهذه الطريقة عدة مزايا ومنها:-

أ- الحصول على اللقاح في صورة سائلة يمكن من إستخدامه من خلال شبكات الري الحديثة في الأراضي الجديدة والصحراوية.

ب- سهولة نقله وتداوله لآن أنتاج اللقاح السائل يكون عاليا في كثافة الجراثيم قد تصل إلى ١٠ بليون جرثومة في اللتر، وهذه الكمية كافية لمعاملة من ٢٠٠-٦٠٠ شجرة (حسب حجمها).

بعض المركبات العالمية المنتجة بهذه الطريقة :

Bio Grow Blend Liquid (أوريجون)، Bio Grow Liquid Custom، Bio Grow Tabletsوهو مجهز على هيئة أقراص يمكن إضافتها في حفر الأشجار قبل زراعتها

المزارع الهوائية Aeroponic Cultures

وهذا النظام من الزراعة يتم في صناديق خاصة من الفيبرجلاس يتم بداخلها دفع المحلول الغذائي على الجذور من خلال نظام رزازي بطريقة معينة، ولا تكون الجذور داخل تربة أو في المحلول المغذى، ولكن تكون في فراغ الصندوق، ويتم عدواها بفطريات الميكوريزا وإستمرارها لمدة من ٣- ٤ شهور حتى يتم تكاثرها حول جذور النباتات، وتكوين عدد هائل من الجراثيم يتم بعدها تجفيف تلك الجذور هوائيا وطحنها، وتجهيزها في صورة يمكن إستخدامها ومن مميزات هذه الطريقة:-

١- الحصول على إعداد هائلة من الجراثيم في حالة جيدة وعالية الحيوية.

٢- اللقاح الناتج بهذه الطريقة يكون له قدرة تخزينية عالية، حيث انه موجود مع أنسجة جذور النباتات العائلة.

بعض المركبات الحيوية الأخرى لفطريات الميكوريزا الداخلية:

Endonet, Bionet, Agbio – Endos, Rutopie + MTM

أمكن التوصل إلى أنسب طرق لإكثار فطريات الميكوريزا الداخلية في صورة جافة (بودرة وأقراص وكبسولات) وصورة سائلة، مع إضافة بعض المواد الطبيعية التي تزيد من قدرتها التخزينية، وفى نفس الوقت تزيد من نشاطها وسرعة إنباتها ودخولها في علاقة تكافلية مع جذور العائل في حالة وجوده، وقد سميت المركبات الناتجة (مالتى فام) نظرا لأنها تحتوى على مجموعة من أجناس وأنواع الميكوريزا الداخلية، وهى ذات فائدة عالية عند إستخدامها مع أنواع نباتية عديدة. وتم عمل تركيبات متعددة من المالتى فام تتلائم مع مختلف الأساليب الزراعية، العادية والمتطورة.

صور المالتي فام:-

١- مالتى فام سائل

هو مركب يحتوى على معلق جراثيم فطريات الميكوريزا وكل ١ سم^{٣} يحتوى على ١٠٠٠ جرثومة، وهذا المركب السائل يفضل إستعماله لمعاملة التربة الموجود بها النباتات، أي بعد الزراعة وأثناء مرحلة النمو الخضري.

٢- مالتي فام بودر

وهو مركب جاف على صورة بودرة قابل للذوبان في الماء بنسبة تزيد عن ٨٠%، وهذا النوع يمكن إستعماله مع نظم الري الحديثة (تنقيط – رش) وبالتالي يمكن تطبيق المعاملة بهذا المركب في مساحات كبيرة عن طريق إضافته من خلال الأسمدة إلى مياه الري وكل ١ جم يحتوى على ١٠٠٠ جرثومة.

٣- مالتي فام المحبب

وهو عبارة عن حبيبات صغيرة تذوب في الماء بنسبة تزيد عن ٤٠ % ويحتوى كل جرام على أكثر من ١٠٠٠ جرثومة من جراثيم فطريات الميكوريزا، وتصلح مع خلطات المشاتل وبيئات الأقلمة لنواتج زراعات الأنسجة.

٤- مالتي فام الأقراص١

وهو عبارة عن أقراص صغيرة يزن كل منها ١ جم تقريبا ويحتوى على ما يزيد عن ١٥٠ جرثومة، ويستعمل مع الزراعة بالبذرة مباشرة وخاصة البذور ذات الأحجام الكبيرة نسبيا مثل اللوبيا والفاصوليا.

٥- مالتي فام الأقراص٢

وهو عبارة عن أقراص متوسطة الحجم نسبياً، يزن كل منها حوالي ٥ جرام، ويحتوى على ٥٠٠ جرثومة تقريبا، ويفضل إستعماله مع شتلات نباتات الزينة وشتلات وعقل أشجار الفاكهة.

٦- مالتي فام الأقراص٣

وهو عبارة عن أقراص كبيرة الحجم يزن كل منها حوالي ٢٠ جرام، ويحتوى على ٢٠٠٠ جرثومة، ويستعمل عند زراعة أشجار الفاكهة في الحقول المستديمة عن طريق وضعه في جورة الزراعة أسفل جذور الشجرة عند زراعتها.

٧- مالتي فام الكبسولات

وفى هذه الصورة من المركب تم وضع المركب داخل كبسولات جيلاتينية ليمكن إستعماله مع الأشجار الكبيرة عن طريق عمل فتحات حول جذع الشجرة ببعد مناسب وزاوية ميل ٤٥ درجة، وعمق ٣٠ سم، حتى تلامس الكبسولات الشعيرات الجذرية التي تقوم بعملية الإمتصاص للشجرة، وتحتاج كل شجرة إلى ٦- ٨ كبسولات حسب حجم الشجرة وعمرها.

طرق إعداد بعض المخصبات الحيوية المنتجة علي نطاق تجاري.

إعداد لقاحات الميكوريزا:

نظرا إلي الدور الهام الذي تلعبه فطريات الميكوريزا فيما يتعلق بخصوبة التربة وإنتاجية المحاصيل وقد أجريت محاولات جادة لإستخدامها كلقاحات ميكروبية حيث تساعد علي إمتصاص الماء والأملاح المعدنية خصوصا أملاح الفوسفات كما تقوم بأدوار أخرى كثيرة سبق الإشارة إليها ومن المعروف أن فطريات الميكوريزا أو الجذور الفطرية تمثل حالة تعاون فريدة بين أنواع معينة من الفطريات وجذور بعض النباتات الراقية، و لم يثبت إلي الآن إمكانية نمو جراثيم الميكوريزا خاصة الداخلية علي البيئات الصناعية الأمر الذي يسبب صعوبة كبيرة في تلقيح الأراضي بها خصوصا الأراضي حديثة الإستصلاح والتي يمكن أن تتحسن خصوبتها بإضافة اللقاحات الأخرى المعروفة مثل اللقاحات المثبتة للنيتروجين والتي تحتوي علي المثبتات التكافليه واللاتكافليه وكذلك لقاحات البكتريا المذيبة للفوسفات ولكن عند الرغبة في تلقيح هذه الأراضي بفطريات الميكوريزا نظرا لأهميتها ففي هذه الحالة يجب أن ينقل إليه أرض سبق زراعتها بنباتات مصابة بالميكوريزا حيث تنتقل التربة وما تحمله من جراثيم الفطر بواقع ١طن/هكتار أو ما يعادل ٤٠٠كجم تربة تقريبا لكل فدان، ولكن قد ينشأ عن ذلك صعوبات تتبلور في إمكانية نقل الكثير من الملوثات البيولوجية للتربة مثل بذور الحشائش وكذلك النيماتودا وغيرها من مسببات الأمراض سواء البكتيرية أو الفطرية أو الفيروسية، وللتغلب علي هذه الصعوبات فإنه يمكن تربية النباتات العائلة لفطريات الميكوريزا وعادة عند جمع محاصيل البصل والذرة الغنية بفطريات الميكوريزا والتي سوف تستخدم كلقاح فإنه يتم نزع المجموع الجذري لهذه النباتات ثم تقص الجذور وما عليها من تربة تقلب مع تربة من نفس الحقل ثم تنقل لتلقيح الحقل الجديد أي أننا مع التربة المستخدمة كلقاح ننقل جراثيم الفطر وكذلك أجزاء الجذور النباتية المصابة بفطريات الميكوريزا.

التفاعلات بين فطر الميكوريزا والأحياء الدقيقة الأخرى بالتربة:

١- البكتريا المثبتة للأزوت بحالة حرة:

وجد أن تلقيح البذور ببكتريا الـ *Azospirillum* , *Azotobacter* يشجع إصابة جذور العائل بفطريات الميكوريزا الموجودة أصلا في التربة ومن جهة أخرى وجد أن التلقيح بفطر الميكوريزا يشجع من نشاط إنزيم النيتروجينيز في البكتريا المثبتة للأزوت كما أنه أدى إلى زيادة أعداد البكتريا بالتربة وذلك لأن فطر الميكوريزا لها القدرة على إنتاج مواد مشجعة للنمو

أو حتى زيادة تركيز الهرمونات بالعائل وقد ينعكس بالتالي على نشاط البكتريا المثبتة للأزوت بوسيلتين هما:-

١. زيادة إمدادات الفوسفات.

٢. الإزالة المستمرة لأيونات الأمونيوم من أماكن التثبيت مما يطيل من نشاط الإنزيم.

ووجد أن البكتريا المثبتة للنيتروجين بصورة حرة تزيد من مستويات إصابة الجذور وإنتاج الجراثيم بواسطة فطر الميكوريزا، كذلك عند إستخدام هذه البكتيريا مقترنة بفطر الميكوريزا كلقاح أدى لزيادة معدل إمتصاص النيتروجين والفوسفور من التربة.

٢- <u>بكتريا الريزوبيا:</u>

الميكوريزا لها تأثير هام على النباتات البقولية حيث أنها توفر الفوسفات اللازم للحصول على تعقيد جيد وزيادة نشاط إنزيم النيتروجينيز وكذلك نمو وإنتاجية المحصول.

أشارت الدراسات إلى إن التلقيح بـ *Mycorrhizae + Rhizobium* أعطت تأثيرات إيجابية بالمقارنة بالتلقيح المنفرد بـ Rhizobium وهذا على عدد من النباتات البقولية. ووجد أن هذا التأثير ليس فقط على كل من النيتروجين والفوسفور بل شجعوا إمتصاص العناصر الأخرى. ولذلك فالتلقيح المزدوج ذو مدى إيجابي أوسع من حيث إمتصاص العناصر الغذائية.

٣- <u>مذيبات الفوسفور:</u>

يعتبر جنس الـ *Arthrobacter* من البكتيريا الهامة المذيبة للفوسفات حيث تمثل ٥٠- ٦٠% من الميكروبات المذيبة بالتربة وأيضا هناك العديد من الأجناس مثل *Flavobacterium*, *Streptomyces* ومن الفطريات مثل *Aspergillus, Penicillum, Rhizopus* تكون قادرة على إذابة الفوسفات.

وهناك جنس Bacillus وخاصة نوع يسمى *Bacillus megaterium* var. *Phosphaticum* يعد من الأصناف البكتيرية الهامة المذيبة للفوسفات بالتربة وتجعله ميسر بالتربة وهو عبارة عن السماد الحيوي المعروف باسم الفوسفورين أو الفوسفاتين. بالإضافة لذلك فان هذه البكتريا يمكنها تحسين نمو وتطور الجذر وزيادة معدل إمتصاص الماء والمعادن.

وجد أن الميكروبات المذيبة للفوسفات تفرز العديد من الأحماض العضوية من بينها حامض الفورميك والفيوماريك والخليك والبروبيونيك والسكسينيك والجليكوليك وهذه الأحماض قادرة على إذابة الفوسفات المعدني الغير ذائب.

أوضح بعض الباحثين الأهمية الخاصة لحامض الـ 2 keto gluconic acid والذي يعمل على سرعة إذابة الفوسفات ويرجع ذلك إلى إحتمال تكوينه لمواد معقدة أو مخلبية مع بعض الكاتيونات من الكالسيوم والحديد مما يساعد على إذابة الفوسفات حيث أن عملية الخلب هذه تمنع تفاعل الفوسفور مع كل من الكالسيوم والحديد فيجعل الفوسفور ميسر وذائب للنبات وهذا يتضح جدا في الأراضي المصرية خاصة الكالسيوم الذي يتفاعل مع الفوسفور الذائب ويكون فوسفات ثلاثي غير ميسر. وقد وجد أن هذا الحامض تفرزه كثير من ميكروبات التربة.

فطر الميكوريزا والميكروبات المذيبة للفوسفات يلعبان دور هام في إذابة الفوسفور وتحسين إمتصاصه بواسطة النبات، حيث أن الميكروبات المذيبة للفوسفور تقوم بإذابة بعض أيونات الفوسفات وتقوم هيفات فطر الميكوريزا بإمتصاصها ونقلها إلى داخل النبات. وكذلك وجد أن الميكروبات المذيبة للفوسفات تزيد من نسبة إصابة الجذور بفطر الميكوريزا.

وقد أوضحت العديد من الأبحاث أن الإضافة المزدوجة بكل من الميكوريزا والميكروبات المذيبة للفوسفات كانت أفضل في النمو الخضري والمحتوى الفوسفوري بالنبات عن الإضافة المنفردة لكل منهم على حدي.

وفي رسالة دكتوراه لـ أبو السعود ٢٠٠٥

أجريت هذه الدراسة بهدف دراسة نشاط كل من الميكوريزا والبكتريا المذيبة للفوسفور والعلاقة بينهم عند مستويين للفوسفور (61 and 218 mg P-CAL kg soil^{-1}).

تمت هذه التجربة تحت ظروف مشابهة للتجربة السابقة. ولكن تم الحصاد لمرة واحدة بعد ٥٠ يوم من شتل النباتات وأستخدم ٦ مكررات عند الحصاد. تم إضافة البكتريا المذيبة للفوسفور بمعدل ٥٠ مل / أصيص (200g powder/ 100 L water). تم تقدير كل من المادة الجافة للنبات و تركيز الفوسفور في النبات وكذلك طول الجذر وطول هيفا الفطر وذلك عند وقت حصاد.

عند المستوى المنخفض من الفوسفور، إضافة فطر الميكوريزا والبكتريا المذيبة للفوسفور معاً أدت لزيادة معنوية في نمو النبات وتركيز الفوسفور في النبات. لا يوجد إختلافات معنوية في نمو النبات وطول الجذر والفوسفور الممتص ما بين التلقيح بكل من فطر الميكوريزا والبكتريا المذيبة للفوسفور وما بين التلقيح بفطر الميكوريزا فقط. ولذلك يمكن القول أن فطر الميكوريزا له التأثير الأكبر مقارنة مع البكتريا المذيبة للفوسفور.

٢- مخصبات حيوية تحتوي على البكتيريا المذيبة والممعدنة للمركبات الفوسفاتية:

يتأثر كثير من العالم بندرة الأمطار وعدم توفر المياه الجيدة للزراعة وكذلك من الآثار السيئة نتيجة ذوبان الأملاح المترسبة في التربة كلما تمت إضافة المياه أثناء الري. وتتميز معظم الأراضي (بإرتفاع درجة الأس الهيدروجيني pH 8 وأكثر) وكذلك بإحتوائها على نسبة عالية جدا من كربونات الكالسيوم. وإن إرتفاع مقياس القلوية في هذه الأراضي ووجود هذه النسبة العالية من كربونات الكالسيوم يؤثر تأثير سلبياً على تيسير ووفر العناصر الكبرى والصغرى المهمة والضرورية لتغذية النباتات مما يؤثر أيضا على خصوبة التربة وبالتالي على كفاءة الأراضي الزراعية و من ثم على الإنتاج الزراعي.

يعتبر عنصر الفوسفور من العناصر الكبرى المهمة لنمو ولتغذية النباتات في جميع مراحله وهو يعتبر العنصر الثاني بعد النتروجين من حيث الأهمية. يتم إضافه الفوسفور إلى التربة في صورة الأسمدة الفوسفاتية الغير عضوية مثل السوبر فوسفات الأحادي والسوبر فوسفات الثلاثي صخر الفوسفات.

ورغم توفر عنصر الفوسفور في أغلبية الأراضي الزراعية في العالم في صورته العضوية والغير عضوية إلا أن نسبة كبيرة من هذا الفوسفور حوالي ٩٥% توجد في صورة غير متاحة و غير قابلة للإمتصاص بواسطة النباتات وذلك لتحول الفوسفور إلى صورة مثبته وغير ذائبة في التربة وغير مفيدة بالنسبة للنباتات. ويتم هذا التحول نتيجة إتحاد الفوسفور مع الكالسيوم معطياً فوسفات الكالسيوم الثلاثي في التربة القاعدية أو نتيجة إتحاد الفوسفور مع عنصري الحديد و الألومنيوم معطياً فوسفات الحديد والألومنيوم في التربة الحمضية مما يجعل نسبة كبيرة جداً من هذا الفوسفور في صورة غير ذائبة في التربة وغير متوفرة للنباتات.

وبالتالي فإن على المزارعين أن يقوموا بإضافة كميات كبيرة من السماد الفوسفاتي وذلك لتعويض هذا النقص الشديد في تركيز الفوسفور المذاب و توفير عنصر الفوسفور للنباتات مما يؤدي إلى زيادة في التكاليف وأيضاً إلى التلوث البيئي نتيجة الإستخدام المتكرر للأسمدة والذي ما يلبث أن يتحول جزء كبير جداً منه إلي صورته الغير ذائبة والغير مفيدة عند بدء إضافته في التربة رغم تكرار إضافته مما يعتبر عملية مكلفة مادياً.

تعيش في معظم الأراضي الزراعية كائنات حيه دقيقة نافعة من بكتيريا وفطريات وهي التي تعرف بالكائنات الحية الدقيقة والمذيبة للفسفور حيث تلعب هذه الكائنات الحية دوراً مهماً جداً

في إذابة الفوسفور المثبت والغير ذائب والغير متوفر والغير قابل للإمتصاص بواسطة النباتات إلى صورة ذائبة وقابله للإمتصاص مما يؤدي إلي زيادة توفر عنصر الفوسفور الذائب في التربة. وبالتالي فإن وجود هذه الكائنات الدقيقة المذيبة للفوسفور يزيد من خصوبة التربة ومن الإنتاج الزراعي للمحاصيل وذلك عن طريق زيادة ذوبانية الفوسفور.

و من أهم أنواع البكتيريا المذيبة للفوسفور(phosphate dissolving bacteria(PDB هي التي تتبع جنس *Pseudomonas, Bacillus, Enterobacter* ومن أهم الفطريات المذيبة للفوسفور المستخدمة هي التي تتبع جنس *Penicillium, Rhizopus, Aspergillius* تقوم هذه الكائنات الحية المذيبة للفوسفور بإفراز كميات كبيرة من الأحماض العضوية قليلة الوزن الجزئي مثل الأوكساليك والفيوماريك والجلوكونيك والسكسنيك والستيريك حيث أن إفراز هذه الأحماض العضوية في التربة يؤدي إلى زيادة تركيز الفوسفور المذاب في المحلول عن طريق زيادة حامضية التربة وعن طريق تفاعلات الإحلال والإستبدال مع العناصر الأخرى وذلك لتحرير الفوسفور الغير مذاب. وتقوم هذه الأحماض العضوية بنزع الفوسفور من فوسفات الكالسيوم والحديد والألومنيوم نتيجة تفاعلات الإستبدال والإحلال وذلك عن طريق إزالة عنصر الكالسيوم والحديد والألومنيوم ومن ثم تحويل الفوسفور إلي صورة ذائبة في صورة الأرثوفوسفات ($H_2PO_4^-$, $H_2PO_4^{-2}$) والتي يستطيع أن يمتصها النبات كذلك تقوم أيضا الكائنات الحية المذيبة للفوسفور بإفراز إنزيم أسيد فوسفاتيز وإنزيم الكالين فوسفاتيز والتي تؤدي أيضاً إلي زيادة ذوبانية الفوسفور وتحويله إلي صورة قابله للإمتصاص من قبل النباتات وهناك بعض الكائنات الحية المذيبة للفوسفور والتي لا تقوم بإفراز أحماض عضوية و لكن تقوم بإذابة الفوسفور عن طريق إنتاج البروتونات المصاحبة لعملية التنفس مما يؤدي إلي ذوبان الفوسفور.

إن إستخدام البكتيريا المذيبة للفوسفور في مجال تحسين خواص التربة وزيادة خصوبتها يعد من أحد أهم الطرق المستخدمة حديثا من أجل زيادة كفاءة الأسمدة الفوسفاتية عن طريق إذابة الفوسفور الغير ذائب والغير قابل للإمتصاص إلي صورة قابله للإمتصاص ومذابة في التربة. وزيادة ذوبانية عنصر الفوسفور في التربة القاعدية يؤدي إلي تحسين خصائص التربة مما يؤدي إلي زيادة الإنتاج الزراعي. ومن المعروف أنه عند زيادة ذوبانية الفسفور وإنخفاض درجة قلوية التربة فإن أغلبية العناصر الكبرى والصغرى تصبح أكثر تيسيرا وتصبح متاحة للنباتات مما يعني زيادة تركيزها في التربة وزيادة خصوبة التربة. حيث يعد تحسين خصوبة التربة من أهم الطرق الزراعية المستخدمة لزيادة الإنتاج الزراعي.

ومن أشهر المخصبات الحيوية والذي يصلح لجميع الأراضي والمحاصيل ويحتوي علي بكتيريا *Bacillus megaterium* var, *Phosphaticum* وهو ذو كفاءة عالية في إذابة الفوسفات غير الذائبة بالتربة مما يعمل علي زيادة تيسير الفوسفات بالتربة الزراعية، مما يؤدي إلي تحقيق العديد من المزايا مثل:-

١- خفض معدل التسميد الفوسفاتي إلي حوالي ٥٠ % مما يعني قيمة إقتصادية للمزارع نتيجة توفير ٥٠ % من كمية الأسمدة المضافة للتربة مما يعود بالنفع المادي المباشر من توفير الأسمدة وهذا جانب إقتصادي هام جدا.

٢- إستخدام هذه المخصبات يؤدى إلي خفض معدل تلوث البيئة والمنتج الغذائي المراد إنتاجه نتيجة التقليل من إستخدام الأسمدة الكيماوية.

٣-يزيد الإنتاج كماً وجودة.

٤-إرتفاع سعر المنتج.

الفصل السادس

بعض المخصبات الحيوية المتداولة فى الساحة المصرية:-

الميكروبين

لماذا الميكروبين؟

أدي الإسراف في إستخدام الكيماويات الزراعية في العقود الماضية إلي تدهور وتلوث التربة والمياه والغذاء مما حدي بكثير من الدول إلي تطبيق نظم الزراعة العضوية الإحيائية التي يستعان فيها بالكائنات الحيه الدقيقة لتخصيب التربة وتوفير الغذاء للنبات ومكافحة الآفات الكامنة بها.

يعتبر المخصب الإحيائي "ميكروبين" أداة فعالة في مجال نظم الزراعة العضوية الإحيائية حيث أكدت البحوث العلمية فاعليته في زيادة الخصوبة للتربة وتحسين نمو المحاصيل وزيادة إنتاجيتها إلى جانب خفض معدلات التسميد المعدني.

فوائد الميكروبين:-

١- مخصب إحيائي مركب يتكون من مجموعة من الكائنات الحيه الدقيقة التي تزيد من خصوبة التربة.

٢- يثبت الأزوت الهواء الجوي ويحول الفوسفات والعناصر الصغرى إلي صورة صالحة لإمتصاص النبات.

٣-يزيد من نسبة إنتاج البادرات.

٤- يزيد نمو جذور النباتات وقدرتها علي إمتصاص العناصر الغذائية وتحمل الظروف غير المناسبة.

٥- يقلل من معدل إضافة الأسمدة الأزوتية والفوسفاتية والعناصر الصغرى بما لا يقل عن ٢٥%.

٦- يقاوم بعض أمراض النباتات الكامنة بالتربة.

٧- يقوي نمو النبات ويزيد محصوله كما ونوعا.

٨- يحد من مشكلات التلوث البيئي.

طريقة إستخدام الميكروبين:-

١- يستخدم الميكروبين مباشرة مع التقاوي السابق معاملتها بالمبيدات والمطهرات الفطرية وفي حالة إضافة المبيدات بمعرفة المزارع تترك التقاوي لمدة يومان ثم يضاف إليها الميكروبين.

٢- يحظر تعرض الميكروبين للحرارة وضوء الشمس المباشر.

٣- تذاب محتويات كيس الصمغ في ٢لتر من الماء الدافئ وتقلب جيداً حتى تمام الذوبان.

٤- تفرش كمية التقاوي اللازمة لزراعة الفدان فوق كيس بلاستيك نظيف وتندى بالمحلول السائل وتقلب جيدا تترك لمدة ساعة في مكان ظليل بعيد عن الشمس.

٥- يفتح الكيس الكبير وتنشر محتوياته فوق التقاوي وتقلب جيدا قبل زراعتها.

٦- لا تستخدم مخصبات حيوية أخرى مع الميكروبين.

٧- يراعى ري الأرض بعد الزراعة مباشرة.

٨- مدة الصلاحية شهرين من تاريخ الإنتاج.

ملحوظة هامة:- يستعمل الكيس مع التقاوي التي لا يزيد وزنها عن ٥٠ كجم إما التقاوي ذات الحجم الكبير والوزن الكبير يراعى مضاعفة الكمية بما يتناسب مع الحجم والوزن مع ملاحظة أنه لا ضرر من زيادة المخصب الإحيائي مع التقاوي أو بعد الزراعة.

البيوجين:-

هو عبارة عن مخصب إحيائي فعال يستخدم لجميع المحاصيل الحقلية والبستانية والخضر ويستعمل في جميع الأراضي والأراضي حديثة الأستصلاح وترجع فعاليته وأهميته إلي إحتوائه علي أعداد عالية من البكتيريا المثبتة للنيتروجين والتي تعيش في المنطقة المحيطة بجذور النبات (الريزوسفير) كما تفرز بعض المواد المنشطة للجذور مما يساعدها علي إمتصاص العناصر الغذائية.

فوائد إستخدام البيوجين:-

١- يخفض معدل إضافة السماد الأزوتي المعدني للفدان بنسبة ٢٥ – ٥٠% طبقا لكمية البيوجين المضافة.

٢- زيادة كمية المحصول ١٠ – ١٥% مع تحسن صفات المحصول.

٣- التبكير في نضج المحصول من ١٥ – ٢٠ يوم.

٤- يحسن من خواص التربة الطبيعية مع زيادة النمو الخضري للنبات.

٥- الحد من تلوث البيئة.

٦- لا ضرر من تكرار الإضافة أثناء فترة النمو الخضري قبل الري مباشرة.

طريقة الإستخدام:-

تتلخص عملية تلقيح البذور سواء كانت الزراعة في الحقول أو المشتل في الخطوات التالية:-

١- تذاب محتويات كيس الصمغ في كوب ماء دافئ.

٢- توضع كمية التقاوي اللازمة للفدان علي قطعة بلاستيك في مكان ظليل ثم تندى بالمحلول وتقلب جيدا حتى تجف البذور.

٣- يفتح الكيس الكبير وينشر فوق التقاوي ويقلب جيدا قبل الزراعة مباشرة.

٤- تزرع التقاوي في الأرض ثم تروى مباشرة .

٥- يمكن تكرار الإضافة إلي التربة بعد العزيق عن طريق خلط محتويات الكيس مع غبيط من الطمي أو التراب ويضاف بالقرب من جذور النبات علي عمق مناسب قبل الري مباشرة في أول النهار وأخره بعيدا عن حرارة الشمس.

إحتياطات ضرورية:-

يراعي حفظ اللقاح لحين إستخدامه في مكان بارد ظليل بعيد عن الحرارة وأشعة الشمس المباشرة.

١- يمكن إضافة مخصب الفسفورين مع البيوجين.

٢- يجب عدم إستخدام اللقاح بعد إنتهاء فترة الصلاحية.

السيريالين:-

التسميد الحيوي للمحاصيل النجيلية والسكرية والزيتية تطبيقيا لسياسة وزارة الزراعة بالأخذ بأحدث الأساليب العلمية والتكنولوجيا المتطورة في تنمية الزراعة من أجل زيادة الإنتاج الزراعي رأسيا وأفقيا مع الحفاظ علي البيئة من التلوث والحد من إستخدام الأسمدة المعدنية.

تبنت الهيئة العامة لصندوق الموازنة الزراعية تنفيذ مشروعات إنتاج المخصبات الحيوية ومنها مشروع السيريالين وهو عبارة عن مخصب حيوي يحتوي علي أكفأ السلالات في تثبيت الأزوت الجوي.

ويستخدم السيريالين في التسميد الحيوي المحاصيل النجيلية (القمح – الشعير- الأرز- الذرة) والسكرية والزيتية (السمسم – عباد الشمس) – بنجر السكر.

فوائد السيريالين:-

١- يقلل من كميات الأسمدة المعدنية الأزوتية بمقدار ١٠-٢٥% من المقررات السمادية للفدان.

٢- الحد من تلوث البيئة.

٣- يزيد من خصوبة التربة.

٤- تحسين خواص المحصول مع زيادة واضحة في الإنتاجية.

٥- تقوم هذه البكتريا بإفراز بعض المواد المنشطة لنمو النبات وبعض المضادات الحيوية.

٦- يعمل السيريالين علي زيادة المجموع الجذري فيزيد من كفاءة إمتصاص النبات للعناصر الغذائية المتوفرة بالتربة.

كيفية إستخدام السريالين:-

١- تذاب محتويات الكيس الصغير (الصمغ) في ٢كوب ماء دافئ.

٢- توضع تقاوي الفدان علي مفرش بلاستك في مكان جيد التهوية بعيدا عن أشعة الشمس المباشرة.

٣- يخلط المحلول الصمغي علي التقاوي ويقلب جيدا ثم بعد ساعة تنثر عبوة اللقاح علي التقاوي مع التقليب لضمان التوزيع بعد تلقيحها مباشرة ثم تروي الأرض.

٤- تزرع التقاوي بعد تلقيحها مباشرة ثم تروي الأرض.

٥- في حالة الأرز يحتاج الفدان إلي كيسين من اللقاح يستخدم إحداهما مع التقاوي في المشتل عند الزراعة والأخر مع الشتلات في الأرض المستديمة.

ملاحظات هامة:-

١- تحفظ العبوة بعيدا عن ضوء الشمس.

٢- في حالة إستخدام مطهرات فطرية يتم خلط السيريالين بالتقاوي بعد إضافة المطهرات بيومين علي الأقل.

٣- لا يخلط السيريالين مع أي مخصب حيوي أخر.

تأثير التلقيح بالبكتيريا المثبتة للنيتروجين (السيريالين) على نمو القمح ومحتوى العناصر المغذية

أجريت تجربة أصص على نبات القمح خلال الموسم الشتوي ٢٠٠٣/٢٠٠٢ بصوبة كلية الزراعة جامعة الزقازيق بهدف تأثير دراسة المخصبات الحيوية (السيريالين) المحتوية على الكائنات الدقيقة المثبتة للنيتروجين والأسمدة النيتروجينية الكيماوية (سلفات الأمونيوم ونترات الأمونيوم) على نمو ومحصول القمح صنف سخا ٦٩ وكذلك محتواه من العناصر المغذية في تجربتين الأولى بإستخدام أراضي رملية من مزرعة الخطارة الخاصة بكلية الزراعة والثانية بإستخدام أراضى طينية من منطقة الإبراهيمية محافظة الشرقية وأحتوت كل تجربة على ثلاثة عوامل (التلقيح بالسيريالين، مصادر النيتروجين ومستوى إضافة النيتروجين حيث تم التلقيح بثلاث معدلات (صفر، منخفض ٧ جم سيريالين لكل ١ كجم حبوب ومرتفع ١٤ جم سيريالين لكل ١ كجم حبوب) وتم إضافة سماد النيتروجين على صورة سلفات أمونيوم ونترات أمونيوم فى أربع معدلات صفر، ٧٥، ١٠٥، ١٣٥ ملليجرام نيتروجين / ١ كجم تربة على دفعتين والتجربة عاملية كاملة العشوائية. وقد أظهرت النتائج ما يلي: زاد وزن النباتات بعد ٥٥ يوم من الزراعة زيادة طفيفة في حالة التلقيح بالسيريالين في الأراضي الطينية بينما كانت الزيادة معنوية فى الأراضي الرملية. بالنسبة لمحصول القش فقد زاد زيادة معنوية سواء في حالة التلقيح بالسيريالين فقط أو مع التسميد الكيماوي بالنيتروجين وكان تأثير التداخل بين الثلاث عوامل معنوي موجب في الأراضي الرملية وبالنسبة للنيتروجين الممتص سواء في الأراضي الطينية أو الرملية فقد كانت الزيادة عالية المعنوية وكانت الزيادة الأكبر في الأراضي الطينية. وقد أثر التداخل بين العوامل الثلاثة تحت الدراسة تأثيراً معنوياً على إمتصاص النيتروجين.

الريزوباكترين

مخصب حيوي فعال يستخدم مع المحاصيل الحقلية والخضر والفاكهة ونباتات الزينة وترجع فعاليته إلي إحتوائه علي أعداد عالية من البكتريا المثبتة لآزوت الهواء الجوي والتي تستوطن جذور النبات والمنطقة المحيطة بها بكفاءة عالية خلال فترة حياة النبات.

يحقق الفوائد الأتية:-

١- توفير كمية السماد الآزوتي الكيماوي المقررة للفدان بنسبة ٢٥% للنباتات غير البقولية، ٨٥% للنباتات البقولية.

٢-زيادة في المحصول مع تحسين نوعيته.

٣-تيسير إمتصاص النبات للعناصر الغذائية الكبرى والصغرى من التربة.

٤- زيادة مقاومة النبات لأمراض الجذور.

٥- تقليل نسبة التلوث البيئي الناتج عن إستخدام الأسمدة الكيماوية.

طريقة الإستخدام:-

تتلخص عملية تلقيح البذور سواء كانت الزراعة في الحقل أو المشتل في الخطوات التالية:-

١- تذاب محتويات الكيس الصغير في كوب ماء دافئ وتقلب جيدا حتى تمام الذوبان.

٢- تفرد كمية التقاوي اللازمة لزراعة الفدان ثم تندي بالمحلول السابق وتقلب جيدا بعيدا عن الشمس.

٣- يفتح الكيس الكبير وينشر فوق التقاوي ويقلب جيدا قبل الزراعة. ثم تزرع التقاوي مباشرة.

٤- تروي الأرض بعد الزراعة مباشرة علي أن يكون معدل تدفق المياه في الحقل بطيئا وكذلك تروي الشتلات ريا خفيفا بعد شتلها مباشرة.

إحتياطات ضرورية:-

١- يجب عدم إستخدام اللقاح بعد إنتهاء فترة صلاحيته (شهرين من تاريخ الإنتاج).

٢- يراعي حفظ اللقاح لحين إستخدامه في مكان بارد (يفضل إستخدام الثلاجة للحفظ).

٣- في حالة ما إذا كانت التقاوي معاملة بالمطهرات الفطرية يخلط اللقاح برمل نظيف خلطا متجانسا ويسرسب المخلوط بطول الخط أو بجوار الشتلات ثم تغطي بالتراب وتروي مباشرة.

٤- بالنسبة للمحاصيل النجيلية والخضر يضاف ٧٥% من كمية السماد الآزوتي الكيماوي المقررة للفدان علي ثلاث دفعات أما بالنسبة للمحاصيل البقولية فيضاف ١٥% من السماد الآزوتي.

النيتروبين

مخصب حيوي لمعظم المحاصيل تمد معظم المحاصيل الحقلية والبساتين بأكثر من ٣٥% من إحتياجاتها من عنصر الأزوت.

مزايا النيتروبين:-

١- يصلح لمعظم المحاصيل.

٢- يصلح لجميع أنواع الأراضي.

٣- يحتوي علي بكتريا مثبتة للأزوت.

٤- يوفر حوالي ٣٥% من كمية الأسمدة الأزوتية.

٥- يزيد إنتاجية غلة الفدان زيادة مؤكدة.

٦- يحسن من صفات المحصول.

٧- يرفع من مستوى خصوبة التربة.

٨- يحمي البيئة من التلوث.

مع مراعاة الأتي:-

١- تحفظ العبوة بعيدة عن الحرارة والكيماويات والمبيدات وأشعة الشمس.

٢-ري الأرض مباشرة بعد الإستخدام.

٣- عدم خلط المخصب بأي مخصب أخر أو أسمدة أو مبيدات.

طريقة الإستخدام:-

١- تذاب محتويات الكيس الصغير في ١.٥ لتر ماء دافئ وتقلب جيدا حتى تمام الذوبان.

٢- تفرد كمية التقاوي اللازمة لزراعة فدان ثم تندى بالمحلول السابق وتقلب جيدا وتترك لمدة ساعة في مكان بعيد عن الشمس.

٣- يفتح الكيس الكبير وينثر فوق التقاوي ويقلب جيدا قبل الزراعة مباشرة.

٤- يمكن تكرار الإضافة بخلط محتويات الكيس الكبير بغبيط من التراب وإضافته حول النباتات بعد الخربشة وتروى ثم يغطى بعد الإضافة للمساحة المضاف إليها مباشرة.

الفوسفورين

مخصب حيوي يصلح لجميع المحاصيل حيث يعتبر عنصر الفوسفور أحد العناصر الرئيسية في تغذية النبات ويحصل النبات على إحتياجاته من الفوسفور عن طريق الأسمدة الفوسفاتية التي تضاف للتربة أو نتيجة لتحليل المواد العضوية المختلفة. ويحتوى مخصب الفوسفورين الحيوي على بكتيريا نشطة جدا في تحويل فوسفات ثلاثي الكالسيوم الغير ميسر- والمتواجد في الأراضي المصرية بتركيزات عالية نتيجة للإستخدام المركز للأسمدة الفوسفاتية إلى فوسفات أحادى الكالسيوم الميسر للنبات. وسرعان ما تتكاثر هذه البكتيريا وتنتشر فى منطقة جذور النبات وتمده بالفوسفور الصالح والضروري أثناء مراحل نمو النبات المختلف.

فوائد الفوسفورين

١- تحسين خواص التربة.

٢- زيادة غلة المحاصيل الملقحة.

٣-تخفيض معدلات إستخدام الأسمدة الفوسفاتية المختلفة.

طريقة الإستخدام:

١- تندى التقاوي ثم تخلط جيدا بمحتوى الكيس قبل الزراعة مباشرة.

٢- في حالة الأشجار يخلط محتوى الكيس بغبيط (١٠ كيلو جرام) من التربة الناعمة أو الرمل خلطا جيدا ويوضع تكبيشا حول جذع الشجرة.

٣- يفضل الري مباشرة عقب الزراعة فى حالة الزراعة العفير.

٤- البذور المعاملة بالمطهرات الفطرية يمكن معاملتها بلقاح الفوسفورين وتؤدى نفس النتائج.

٥- يمكن خلط لقاح الفوسفورين مع العقدين لأزدواج الفائدة.

٦- يصلح لقاح الفوسفورين لجميع المحاصيل الحقلية والبستانية ونباتات الزينة.

٧- تحفظ أكياس الفوسفورين بعيدا عن ضوء الشمس في مكان جيد التهوية.

ملحوظة: يتواجد المخصب الحيوي الفوسفورين في الأسواق المصرية بمسمى الفوسفورين أو الفوسفاتين.

البلوجرين

مخصب حيوي يجهز خصيصا لنبات الأرز ويعتبر عنصر النيتروجين من العناصر الرئيسية التي يحتاجها نبات الأرز. ويقوم المخصب الحيوي " بلوجرين " المحتوى على الطحالب الخضراء المزرقة القادرة على تثبيت النيتروجين الجوى في أجسامها ثم إفرازه في التربة بعد تحللها.

فوائد البلوجرين:

١- توفير جزء من الأسمدة النيتروجينية تقدر بحوالي ٢٥-٣٠ %.

٢- تحسين خواص التربة الطبيعية والكيميائية.

٣- زيادة المحصول بنسبة تتراوح ما بين ١٠- ١٥ %.

٤- تقليل كمية النيتروجين المفقودة من أراضى الأرز بالتبخير.

٥- تقليل نسبة التلوث البيئي.

طريقة الإستخدام:

١- تخلط محتويات العبوة جيدا على كمية مناسبة من التربة الناعمة أو الرمل حوالي (١٠ كيلو جرام) ولا تستخدم في الخلط أي مواد أخرى وتكون عبوة الكيس ٢٠٠ جرام يكفى فدانا واحدا.

٢- ينثر الخليط على سطح مياه المساحة المخصصة لذلك، يراعى أن يتم ذلك أثناء سكون الرياح.

الإحتياطات الضرورية

١- عدم حفظ اللقاح بجانب الكيماويات أو الأسمدة الأزوتية بعيدا عن الحرارة وأشعة الشمس المباشرة.

٢- يجب إضافة السماد الأزوتى على دفعات بدلا من الدفعة الواحدة.

٣- يراعى عدم صرف مياه الأرز سطحيا إلا بعد التلقيح بأسبوع.

التراي – تون

أحد المخصبات الحيوية الجديدة المستوردة التي بدأت تظهر في السوق المصري وتخضع حاليا للتجارب وهي تعتبر مصدرا لإثراء التربة بفطريات الميكوريزا والتي تلعب دورا فائقا في تدعيم نمو النبات وزيادة الكفاءة الإنتاجية وكذلك زيادة خصوبة التربة وتحسين خواصها الطبيعية والكيماوية من خلال الميكانيكيات التالية:-

١- تقوم هيفاتها بعمل الشعيرات الجذرية للنبات مما يزيد من مساحة سطح المجموع الجذري ويدعم قدرته علي الإمتصاص.

٢- تقوم بإفراز إنزيمات الفوسفاتيز التي تزيد من جهازية الفوسفات العضوية للنبات عن طريق معدنتها لتصبح في صورة قابلة للإمتصاص بواسطة النباتات الملقحة.

٣- تشجع جذور النبات العائل علي إفراز الأحماض العضوية وثاني أكسيد الكربون مما يزيد من ذوبان الفوسفات المعدنية غير الذائبة.

٤- لها تأثير منشط علي إمتصاص عناصر أخرى بخلاف الفوسفور كالنيتروجين والكبريت والذنك والكالسيوم والمنجنيز والنحاس وغيرها.

٥- تزيد الميكوريزا من قدرة النبات علي إمتصاص الماء وتحمل الجفاف وكذلك الملوحة.

٦- تقوم بإنتاج مواد منشطة لنمو النبات.

٧- تزيد الميكوريزا من سمك الجدر الخلوية لقشرة الجذر.

٨- تساعد علي تخليص التربة من المعادن الثقيلة والملوثات البيئية الأخرى.

٩- يمكن إستخدام تركيزات مختلفة من مخصب التراي – تون كمصدر للميكوريزا مع الأسمدة العضوية الصناعية (الكمبوست) مما يفيد في الإستغناء عن الكثير من الأسمدة المعدنية.

المخصب الحيوي EM1

EM_1 إختصار لكلمتي Effective Micro-Organisms أي الكائنات الحية الدقيقة الفعالة، وهو عبارة عن مستحضر طبيعي يحتوي علي مجموعة متوافقة من الكائنات الحيه الدقيقة النافعة ولها دور نشط وفعال في تحسين خصوبة التربة الزراعية، وهو مستحضر آمن من الناحية الصحية حيث أن الأحياء الدقيقة الموجودة به غير معدلة وراثياً، ولا يحتوي علي أي مبيدات أو مواد كيميائية ضارة.

والفكرة الأساسية للمخصب الحيوي EM_1 أن الكائنات الحية الدقيقة المفيدة النشطة الموجودة به تعمل علي تحسين صفات التربة الزراعية بصورة طبيعية حيث تقوم تلك الكائنات الحيه الدقيقة بمجموعة من الوظائف المفيدة لخصوبة التربة، والتي يمكن إيجازها فيما يلي:

١- إفراز أنزيمات تقوم بتحليل المواد العضوية المعقدة ومعدنة العناصر الغذائية الموجودة بها أي تحويلها من الصورة العضوية غير الذائبة إلي الصورة المعدنية الذائبة التي يستطيع النبات إمتصاصها والإستفادة بها.

٢- إفراز الأحماض التي تقوم بإذابة العناصر المعدنية الموجودة في التربة مثل إذابة أملاح الفوسفات الصخري غير الذائبة وتحويلها إلي أملاح فوسفات ذائبة، وكذلك تحرير عنصر البوتاسيوم وغيره من العناصر المرتبطة بمعادن التربة الزراعية.

٣- إفراز بعض المواد المخلبية Chelating Agents التي تعرف بإسم حوامل الحديد Siderophores التي تيسر للنباتات إمتصاص عنصر الحديد.

٤- أكسدة مركبات الكبريت غير الذائبة وتحويلها إلي صورة ذائبة.

٥- تثبيت أزوت الهواء الجوي مما يزيد من محتوي التربة من النيتروجين وكذلك تمثيل ثاني أكسيد الكربون بواسطة البكتريا الأوتوتروفية مما يزيد من الكربون العضوي.

٦- تحسين بناء التربة Soil Structure عن طريق تجميع حبيبات التربة بربطها مع بعضها بواسطة خيوط هيفات الفطريات والأكتينوميسيتات أو لصقها بواسطة مواد صمغية لزجة تفرزها الكائنات الحيه الدقيقة، مما يزيد من درجة التهوية في التربة.

٧- تساعد الكائنات الحيه الدقيقة علي تكوين الدوبال Humus في التربة الزراعية وهو تركيب معقد له طبيعة غروية ناتج من تحلل المواد العضوية وهو يؤدي إلي زيادة السعة التشبعية Water Holding Capacity والسعة التبادلية الكاتيونية Cation Exchange Capacity والقدرة التنظيمية للتربة Buffering Capacity كما يعتبر مخزن للمواد الغذائية في التربة، مما يحسن من خصوبة التربة بوجه عام.

٨- إفراز منظمات النمو النباتية الأمر الذي يسرع من معدل نمو النبات.

٩- إفراز مضادات حيوية تثبط نمو بعض الميكروبات الممرضة للنبات.

١٠- إمداد التربة بأعداد وفيرة من الكائنات الحية الدقيقة المفيدة تنافس الميكروبات المرضية وتحول دون نشاطها وإصابتها للنبات.

إستخدام المخصب الحيوى EM_1 يعود بالفوائد الإقتصادية الآتية:

١- إستخدام المخصب الحيوي EM_1 يحد من إستخدام الكيماويات الزراعية (Agrochemicals) التي تعتبر مكلفة للمزارع وأيضاً تفقد التربة تنوعها الحيوي وبالتالي تتدهور مثل هذه التربه ولا يجد النبات إحتياجاته منها وتنتشر الأمراض والآفات وتحتاج إلي كميات كبيرة من الكيماويات وهذا كله يقلل من دخل المزارع هذا بالإضافة إلي ما تسببه من تلوث للبيئة.

٢- المحاصيل المعاملة بالمخصب الحيوي EM_1 تكون أسرع في النمو وبالتالي تعطي محصول مبكر وتقل الفترة التي يكون فيها النبات معرض للإصابة بالأمراض والآفات.

٣- بإستخدام EM_1 يمكن الحصول علي إنتاج عالي وذو جودة مميزة في الطعم ويتحمل التسويق وهذا يدر دخلا للمزارع.

٤- إستخدام EM_1 يجعل التربة خصبة وغنية ويمكن زراعتها أكثر من مرة في العام.

٥- إستخدام EM_1 في وجود المادة العضوية يقلل من العمالة، فالتربة الملقحة بالمخصب الحيوي EM_1 يتحسن بنائها الطبيعي (Physical Structure) وتكون عملية العزيق أيسر، وتتحسن أيضا خواصها الكيميائية والحيوية ويساعد أيضا علي إطلاق العناصر في صورة ميسرة للمحصول النامي.

٦- مع إستخدام هذا المخصب الحيوي فإنه يمكن الإعتماد علي مخلفات المزرعة في التسميد حيث تعامل هذه المخلفات بمحلول EM_1 الذي يعمل علي تحللها في فترة قصيرة نسبياً ويعاد تدويرها في التربة مرة أخرى وذلك بدلا من حرق هذه المخلفات وما تسببه من تلوث للبيئة.

٧- مع إستمرار إستخدام مادة EM_1 للتربه فإنه بعد ذلك تقل الحاجة إلي تكرار إضافته حيث أن هذه الكائنات تتكاثر ذاتياً وتصبح التربة حيه (Living Soil) وفي هذه الحالة يضاف في فترات متباعدة للمحافظة علي تعداد هذه الكائنات في التربة.

ويحتوي المخصب الحيوي EM_1 علي أنواع الكائنات الحية الدقيقة الآتية:

١- البكتريا الممثلة للضوء Photosynthetic Bacteria

تشمل هذه البكتيريا مجموعة متباينة من الأنواع ذات قدرات فسيولوجية عالية، وعلي سبيل المثال فإن *Rhodopseudomonas* SPP. لها القدرة علي إستخدام الضوء كمصدر للطاقة وإستخدام ثاني أكسيد الكربون الجوي أو مواد عضوية أخرى مثل إفرازات الجذور كمصدر للكربون لبناء خلاياها تحت الظروف اللاهوائية، كما أنها تستطيع النمو أيضا تحت الظروف الهوائية وفي غياب الضوء وفي هذه الحالة تستخدم المواد العضوية مثل الأحماض العضوية والكحولات والكربوهيدرات كمصدر للطاقة والكربون معاً. فضلا عن ذلك فإن العديد من تلك البكتريا الممثلة للضوء لها القدرة أيضا علي تثبيت أزوت الهواء الجوي. وعلي ذلك فإن قدرة هذه البكتريا علي النمو تحت ظروف بيئية متباينة وإنتاجها لعوامل نمو مختلفة مثل الأحماض الأمينية والأحماض النووية والسكريات يشجع نمو النبات وينشط مجموعات أخرى غيرها من البكتريا والفطريات المفيدة ذات التأثير الإيجابي علي خصوبة التربة.

٢- بكتريا حامض اللاكتيك Lactic Acid Bacteria

هذه البكتريا لها القدرة علي تحويل السكريات إلي حامض لاكتيك، ويؤدي تكوين حامض اللاكتيك إلي خفض درجة pH في الوسط المحيط الأمر الذي يساعد علي إذابة العناصر الغذائية الغير ذائبة، بالإضافة إلي ذلك فإن حامض اللاكتيك نفسه يسرع من تحلل المواد العضوية المعقدة، وأيضا له تأثير مثبط قوي يقاوم نمو بعض الفطريات الممرضة مثل فطر الفيوزاريم ويؤدي ذلك بالتبعية إلي إختفاء النيماتودا.

٣- الخمائر Yeast

تستطيع الخمائر النمو بإستخدام مواد عضوية مختلفة سواء الناتجة من إفرازات الجذور أو التي تفرزها بكتريا أخرى مثل البكتريا الممثلة للضوء، ونتيجة نمو الخمائر تقوم هي الأخرى بإفراز عوامل نمو مختلفة مثل الأحماض الأمينية والفيتامينات التي تفيد نمو كائنات حيه دقيقة أخرى في المخصب الحيوي EM_1 مثل بكتريا حامض اللاكتيك والأكتينوميسيتات، وتفرز الخمائر أيضا بعض الهرمونات والإنزيمات التي تسرع من معدل نمو النبات.

٤- الأكتينوميسيتس Actinomycetes

هذه المجموعة من الكائنات الحيه الدقيقة لها تركيب خيطي أشبه بالفطريات يساعد علي تجميع حبيبات التربه الدقيقة مما يحميها من عوامل التعريه ويزيد من تهويتها، وتتميز الأكتينوميسيتات بقدرتها علي تحمل الجفاف والحرارة ولها قدرة كبيرة علي تحليل المواد العضوية المعقدة، كما تفرز مضادات حيوية تمنع أو توقف نمو العديد من الميكروبات المرضية.

٥- الفطريات Fungi

الفطريات لها تركيب خيطي، وهي تتحمل الجفاف والحموضة، وتفرز أنزيمات خارجية تحلل العديد من المواد العضوية المعقدة، كما أن بعضها يفرز مواد مضادة للميكروبات المرضية. والكثير من الفطريات يحول المواد العضوية إلي كحولات وأحماض عضوية وإسترات مما يقلل من اليرقات والحشرات الضارة. كما أن الكائنات الحية الدقيقة الأخرى النافعة يمكنها الإستفادة من هذه المركبات فيزداد تعدادها في التربة مثل فطر الميكوريزا Mycorrhiza. ولهذا الفطر أهمية خاصة حيث تخترق خيوطه خلايا القشرة في جذور النبات بينما تبقي أطراف الخيوط بالخارج وبذلك تزيد من مسطح الإمتصاص للمجموع الجذري مما يزيد من كفاءة النبات علي إمتصاص الماء والعناصر الغذائية، كما يفرز الميكوريزا أنزيم الفوسفاتيز الذي يحول الفوسفات

العضوي إلي فوسفات معدني ذائب، ويشجع جذور النبات علي إفراز ثاني أكسيد الكربون والأحماض العضوية مما يخفض درجة pH ويساعد ذلك علي ذوبان الفوسفات الصخري.

يتضح مما تقدم أن كل مجموعة من أنواع من الكائنات الحيه الدقيقة (بكتريا التمثيل الضوئي، بكتريا حمض اللاكتيك، الخمائر، الاكتينوميسيتس، الفطريات) لها وظيفة خاصة بها ولكن بكتريا التمثيل الضوئي لها الريادة والأهمية في نشاط EM_1 حيث تساعد وتدعم نشاط الميكروبات الحيه الدقيقة الأخرى كما تقوم بتحويل المواد المنتجة بواسطة الكائنات الحيه الدقيقة الأخرى إلي مواد نافعة للنبات. ويطلق علي هذه الظاهرة التعاونية مبدأ التعايش والإزدهار (Coexistence and Co-Prosperity) وعند إضافة المخصب الحيوي EM_1 في التربة، فإن الكائنات الحيه الدقيقة النافعة الأخرى يزداد عددها أيضا وبذلك تصبح التربة غنية بالكائنات الحيه الدقيقة النافعة (Living Soil) وتقل الكائنات الحية الضارة نتيجة تفرز جذور النباتات أيضا مواداً مفيدة مثل الكربوهيدرات والأحماض الأمينية والأحماض العضوية والإنزيمات.

إستخدامات المخصب الحيوي EM_1 في الزراعة

١- يضاف محلول EM_1 بمعدل نصف لتر للفدان مرة أسبوعيا علي الأقل لمدة ٤-٥ شهور إضافة أرضية مع مياه الري ويحقن خلال نظام الري بالتنقيط في الأرض الرملية.

٢- يضاف محلول EM_1 المخفف بمعدل ٠.٥ سم^3 لكل لتر ماء نظيف خالي من الكلور رشاً علي المجموع الخضري مرتين في الشهر.

يمكن مضاعفة كمية محلول EM_1 الأساسي (Primary EM) المتاحة في المزرعة والحصول علي EM الثانوي (Secondary) إلا أنه لا يمكن تخزينه أكثر من شهرين ولا يمكن إعادة مضاعفته مرة أخرى. وهذا يعود بالفائدة علي صاحب الأرض حيث يمكن تحضير ١٠٠ لتر EM من ٥ لتر EM_1 الأساسي كما يلي:

- ٥ لتر EM_1 الأساسي.
- ٥ لتر مولاس.
- ٩٠ لتر ماء.

طريقة التحضير

١- يضاف المولاس إلي كمية من الماء كافية لإذابته جيداً.

٢- ثم يضاف المحلول المولاس المخفف السابق تجهيزه إلي باقي كمية الماء.

٣- يضاف EM_1 الأساسي إلي المحلول السابق ويقلب جيداً.

٤- يوضع المحلول المجهز السابق في برميل بلاستيك نظيف محكم الغلق ويترك لمدة ٧ أيام صيفاً و ١٥ يوم شتاءا في مخزن مظلل.

بعد هذه المدة يكشف علي المحلول وسوف نجد أن طعمه حامضي وليس سكري أو كحولي وهذا يدل علي أنه أصبح صالح للإستعمال وفي هذه الحالة لا يزيد رقم pH للمحلول عن ٤. ويستخدم هذا المحلول (EM الثانوي) بمعدل ١٠ لتر للفدان أسبوعياً لمدة ٤-٥ شهور.

(ج) يستخدم EM_1 الأساسي في تحضير سماد عضوي غني متكامل (بوكاشي Bokashi) يتم تحضيره كالآتي:

- ٤٠ كيلوجرام عجينة كسب زيتون.
- ٤٠ كيلو جرام سرس أرز ناعم (أو سرس قمح).
- ٢٦٥ سم^3 EM_1 الأساسي.
- ٢٦٥سم^3 مولاس.
- ٢٦.٥ لتر ماء خالي من الكلور.
- ويمكن الاستغناء عن كسب الزيتون في حالة عدم تواجده ويستخدم بدلا منه مخلفات حيوانية.

تحضير البوكاشي Bokashi

توجد طريقة هوائية وأخرى لاهوائية لتحضير البوكاشي وسوف نشرح فيما يلي الطريقة اللاهوائية:

١- تخلط عجينة الزيتون مع سرس الأرز خلطا جيدا وذلك علي قطعة من البلاستيك النظيف.

٢- يضاف المولاس إلي كمية من الماء (حوالي ٢ لتر) ويذاب جيدا ثم يضاف إلي باقي كمية الماء ويقلب جيدا.

٣- يضاف EM_1 الأساسي إلي المحلول السابق ويقلب جيدا.

٤- يضاف المحلول المحضر بالتدريج إلي الخليط السابق (سرس الأرز وعجينة الزيتون) مع التقليب الجيد ويجب ألا تزيد نسبة الرطوبة في الخليط الناتج عن ٣٠-٤٠% (يؤخذ جزء

من الخليط بين قبضة اليد ويضغط عليها فإذا كانت متماسكة ولا يوجد زيادة من الماء تتبقى في كف اليد تكون الرطوبة مناسبة)، ومن الأفضل إستخدام جهاز قياس نسبة الرطوبة.

٥- يكبس المخلوط بعد ذلك في براميل أو أكياس بلاستيك أو يوضع علي مشمع بلاستيك كبير بإرتفاع حوالي ٥٠-٧٠ سم ويغطي بأحكام حتى يمكن للبكتريا أن تتكاثر لاهوائيا ويترك لمدة أسبوع صيفا وثلاثة أسابيع شتاءا في مكان مظلل ومن المهم ألا يتعرض أثناء عملية التكاثر إلي التهوية حتى تسير التفاعلات في الإتجاه اللاهوائي المطلوب. [عند هذه المرحلة يكون للبوكاشي رائحة الأسترات وهي رائحة عطرة مميزة ويدل هذا علي نجاح صناعة البوكاشي أما إذا كانت الرائحة عفنة فتدل علي فساد البوكاشي وفي هذه الحالة لا يستخدم ويعاد تدويره مع السماد العضوي. تحتاج عملية تحضير البوكاشي إلي التكرار والمران عليها حتى يتم إتقانها. مع مراعاة نظافة الأوعية وشطفها بمحلول EM_1 مخفف قبل إستخدامها وتستخدم أوعية من البلاستيك ولا تستخدم الأوعية المعدنية أو العبوات الفارغة للمبيدات والكيماويات كما يجب الاهتمام بعملية الخلط وضبط نسبة الرطوبة].

٦- يستخدم البوكاشي كإضافة بمعدل ١٠٠- ٢٥٠ جم لكل شجرة وتغطي بالتربة كإضافة شهرية قبل الري كما يستخدم بمعدل ١٠٠ إلي ٢٥٠ جم/م^{٢} من التربة في حالة المحاصيل الحقلية ومحاصيل الخضر.

ويفضل أن يستخدم EM_1 بالطرق الثلاث السابقة معا أي:

١- إضافة أرضية مع مياه الري أو من خلال نظام الري بالتنقيط

٢- رشا علي النبات

٣- إضافة البوكاشي إلي التربة الزراعية حيث أن إستخدام الطرق الثلاثة معا يعطي أفضل النتائج وخصوصا في الأراضي الرملية الجديدة المستصلحة مع إضافة الأسمدة العضوية.

يفضل أن يستخدم EM_1 عند تجهيز الجور أو الخنادق لمحاصيل الفاكهة قبل الزراعة حيث يضاف البوكاشي (كبادئ للميكروبات المفيدة) بمعدل ٢٥٠ جرام/ متر^{٢} من التربة إلي خلطة الجورة أو الخندق أو نثرا علي الأرض في حالة المحاصيل الحقلية والخضر ثم تروى التربة بعد ذلك. ويضاف EM_1 بمعدل نصف لتر للفدان مع مياه الري وتعامل الشتلات بعد ذلك باستخدام البوكاشي كإضافة أرضية وEM_1 مع مياه الري وEM_1 المخفف رشا علي النبات.

يستخدم EM_1 في مراقد البذور حيث يؤدي إلي زيادة نسبة وسرعة الإنبات وكذلك قوة البادرة الناتجة ومن المفضل معاملة المرقد قبل الزراعة بمحلول EM_1 ٠.٥ سم^{٣}/لتر إضافة أرضية

مع مياه الري بالإضافة إلي ٢٠٠ جرام/م^{٢} في وجود مادة عضوية لإعداد بوكاشي في بيئة خصبة ملائمة للإنبات. ثم يضاف في المراقد بمعدل ٥.٠ سم^{٣}/لتر أسبوعيا مع مياه الري.

يستخدم أيضا EM_1 بنجاح في مشاتل الموز والمانجو والموالح والباباظ وأيضا مع عقل العنب وغيرها.

وبإستمرار إضافة EM_1 فإنه يمكن إنتاج نباتات قوية وسريعة النمو مع زيادة المحصول وتحسين الصفات الثمرية مع المحافظة علي خصوبة التربة.

وقد أثبتت التجارب التي أجريت بالتعاون مع مؤسسة EMRO اليابانية (Effective Microorganisms Research Organization. Inc) بمزارع الطريق الصحراوي بمصر أن إستمرار إستخدام EM_1 بالمعدلات والطرق السابقة يؤدي إلي تقليل إستخدام كميات الأسمدة المعدنية إلي النصف في وجود المادة العضوية. ومع مداومة الإضافة فإنه يمكن الإستغناء عن الأسمدة الكيماوية حيث تصبح التربة (EM Soil) ويمكنها إنتاج محصول مميز خالي من الكيماويات.

إن العودة إلي الزراعة الطبيعية لتحقيق هدف الزراعة المستدامة (Sustainable Agriculture) وإنتاج محاصيل ذات صفات عالية الجودة خالية من الكيماويات الزراعية كأتجاه عالمي، يتم تدريجيا بإستخدام الأسمدة العضوية بالإضافة إلي بعض المخصبات الحيوية المتكاملة (EM_1) وهذا ما تم التوصل إليه كنتيجه للأبحاث التي أجريت ونشرت في المؤتمرات العالمية وطبقت في العديد من دول العالم المختلفة وتحت مختلف الظروف المناخية والبيئية مع إستخدام الميكنه الزراعية في فرم وتخمير وتعبئة السماد العضوي المعامل بالمخصب الحيوي EM_1 ، واستخدام نظام Bio-fertilization في إضافة محلول EM_1 مع مياه الري في التربة مباشرة.

BIODESERTIN-N

مخصب حيوي أزوتي لغير البقوليات للأراضي الجديدة الملحية وغير الملحية وهو مخصب حيوي فعال يستخدم مع محاصيل الحبوب الحقلية والخضر وأشجار الفاكهة والنباتات الطبية وترجع فاعليته إلي إحتوائه علي أعداد كبيرة من البكتيريا المثبتة للأزوت الجوي لاتكافليا بكفاءة عالية خلال فترة حياة النبات بما يحقق الفوائد التالية:

١- ترشيد إستخدام كمية الأسمدة الأزوتية.

٢- زيادة إنتاجية الفدان بنسبة تتراوح بين ١٠ – ٢٥ %مع تحسين نوعيته.

٣- تقليل التلوث البيئي.

صور المخصب الحيوي :-

١- سائلة.

٢- نصف سائلة(محملة علي بوليمر).

٣- صلبة في صور حبيبات (محملة علي الجينات).

طرق إستخدام اللقاحات:-

١- في حالة إستخدام اللقاح السائل تذاب محتويات كيس المادة اللاصقة في كوب ماء دافيء وتقلب حتى الذوبان. تفرد كمية التقاوي اللازمة لزراعة الفدان ثم تندى بالمحلول السابق وتقلب جيدا ثم ينشر عليه كيس اللقاح السائل ويقلب جيدا ثم تترك في مكان ظليل لمدة ساعة ثم تزرع التقاوي مباشرة وتروى.

٢- عند إستخدام اللقاح نصف السائل تتبع نفس الخطوات ولكن مع عدم إستخدام المادة اللاصقة.

٣- اللقاح المجهز في صورة حبيبات يتميز عن غيره في وجود مادة حاملة لها القدرة علي الإحتفاظ بالماء لفترات طويلة بما يقاوم ظروف الجفاف وتسمح للبكتيريا بالتواجد بصورة حية أكبر مدة ممكنة مما يتيح للنباتات الإمداد المستمر بالعناصر الغذائية والمركبات العضوية والهرمونات التي تفرزها الميكروبات.

ويفضل إستخدام هذا النوع من اللقاحات في حالة زراعة الأشجار حيث يضاف حول جذوع الأشجار بمعدل (١-٢ عبوة /فدان) حسب عدد وعمر الأشجار هذا ويجب ري الأرض مباشرة بعد التلقيح.

إحتياطات ضرورية:-

- يراعي عدم إستخدام اللقاح بعد إنتهاء فترة الصلاحية (شهرين من تاريخ الانتاج).
- يراعي وضعه في مكان بارد بعيدا عن الشمس والحرارة المباشرة.
- في حالة إستخدام البذور المعاملة بالمطهرات الفطرية يضاف اللقاح رشا أو بالتنقيط أو سرسبة بطول الخط وبجوار الشتلات.

النيماليس

مخصب حيوي ومضاد للنيماتودا ومن فوائده:-

١- زيادة خصوبة التربه.

٢- عدم التأثير علي الكائنات الحيه الدقيقة النافعة في التربه.

٣- القضاء علي يرقات وبويضات النيماتودا.

٤- الحفاظ علي نظافة البيئة.

٥- رخص تكاليف المقاومة.

سيدا كومباوند

هو مستخلص الطحالب والأعشاب البحرية مغذى نباتى ومنشط نمو طبيعى (مخفض الـ Ph)

مكوناته

فيتامينات – جيريلينات – أحماض عضوية – أحماض أمينية وعناصر صغرى مخلبية وعناصر كبرى – بروتين وكربوهيدرات – أندول أستيك اسيد – وحمض الجينيك.

كيفية عمله

١- يعتمد فى طريقة عمله على أصلاح الخلل العذائى وتنشيط العمليات الحيوية داخل النبات من خلال التوازن الكميائى للعناصر الكبرى والعناصر الصغرى المخلبية تخليبا طبيعيا.

٢- تكمن قوته فى إكساب النباتات القدرة على مقاومة وتحمل الظروف البيئية غير المواتية وعوامل الأجهاد من خلال قدرة المركب على الإمداد بالأوكسينات والجبريلينات ومنشطات النمو الضرورية لعملية أنقسام الخلايا وزيادة حجم النبات.

٣- ذو فاعلية سريعة لعلاج نقص العناصرالغذلئية على النبات.

٤- منشط لتكوين مادة السيتوكينين بالجذور ويزيد دورة الفورمالدهيد الحيوية داخل النبات.

٥- تثبيت العقد ومنع تساقط الثمار.

٦- زيادة نسبة الأستخلاص للنباتات الطبية والعطرية.

معدل الرش والإستخدام

رشا على الأوراق بمعدل ١٠٠ – ١٥٠ سم ٣ / ١٠٠ لتر ماء حقنا خلال نظم الرى الحديث بمعدل ١ – ٢ لتر / فدان.

برومكس

سائل عضوى يجمع بين مستخلصات الطحالب البحرية والأعشاب إلى جانب توليفة عالية الأتزان من العناصر الكبرى والعناصر الصغرى إلى جانب العديد من الأحماض الامينية والكربوهيدرات البسيطة المرتبطة بعديد من منشطات النمو الطبيعية لإصلاح الخلل بالمعادلة الغذائية.

الجانب الوقائى

يكسب النبات المناعة ضد غالبية الأمراض الفيروسية والفطرية والبكتيرية من خلال أدائه كمنشط جينى خلوى.

الجانب العلاجى

للبرومكس تأثير فعال مؤكد فى علاج الكثير من الأمراض الفسيولوجية التى تصيب النبات أيضا له تأثير منشط على العديد من الأنزيمات المحللة لأنسجة النيماتودا بالأضافة لإحتوائه على مثبطات نمو طبيعية.

داش

سائل عضوى مستخلص من الطحالب البحرية يحتوى على ٢٧ % بوتاسيوم تكمن قوته فى إمداد النبات بتوليفة عالية الأتزان من الأحماض الأمينية ومنشطات النمو والفيتامينات إلى جانب عنصر البوتاسيوم المهم فى إنقسام الخلايا وتنظيم الأمتلاء الخاص بها إلى جانب المحافظة على جزيئات البروتين المتكون ومنع إنحلالها إلى أحماض أمينية.

مميزات السماد

١- ذو تفاعل حامضى (pH منخفض ٤.٥) لمعادلة قلوية التربة والمساعدة على إنطلاق العناصر المثبتة بالتربة.

٢- سهل الإستخدام حقنا خلال نظم الرى إلى جانب فاعليتة بالرش المباشر على الأوراق.

٣- يحتوى على توليفة طبيعية من الأحماض الأمينية والمضادات الحيوية ومنظمات النمو والفيتامينات.

٤- مصدر جيد لعنصر البوتاسيوم الضرورى لدورة حياة النبات.

٥- زيادة المحصول مع تحسين للصفات التسويقية والكفاءة التخزينية.

معدل الرش

- ❖ رشا على الأوراق ٠.٥ لتر – ١ لتر / ٦٠٠ لتر ماء / فدان.
- ❖ الرى بالتنقيط ٣ – ٥ لتر / فدان.
- ❖ الرشاشة اليدوية ٢٠ سم٣ / ٢٠ لتر ماء.

دالسين

مستخلصات طحالب ونباتات بحرية وفيتامينات ومنظمات نمو وأحماض أمينية تؤدى إلى زيادة الإنتاج وتحسين النوعية لجميع المحاصيل.

المزايا

١- يوازن درجة القلوية للتربة مما يزيد من تيسير العناصر الغذائية خاصة الفوسفور والكالسيوم والعناصر الصغرى.

٢- تنشيط أنتاج الأنزيمات والهرمونات الطبيعية فى التربه.

٣- تحسين مسامية التربه الثقيلة وزيادة خصوبتها.

٤- تحسين خواص التربه الرملية وزيادة تماسكها مما يزيد من قدرتها على الأحتفاظ بالماء.

٥- مثبط للديدان الثعبانية والميكروبات الممرضة بالتربه.

٦- يزيد من معدل ضخ العناصر الغذائية من التربة إلى النبات.

٧- زيادة كفاءة وفاعلية الأسمدة الورقية.

٨- رفع كفاءة أداء المبيدات الزراعية.

٩- يكسب النبات مناعة ضد غالبية الأمراض الفسيولوجية والفطرية والبكتيرية.

١٠- زيادة الأنتاج مع تحسين الصفات التسويقية للمحصول.

الفوائد الأقتصادية

- تخفيض الحاجة إلى الأسمدة الكيماوية.
- توفير الأحتياجات المائية للمحاصيل.
- أنتاج أعلى ونوعية أفضل فى جميع المحاصيل.

- المحافظة على البيئة وصحة الأنسان والحيوان والنبات.

معدل الرش

رشا على الاوراق ٢٥ – ٤٠ جم / ١٠٠ لتر ماء حقنا خلال نظم الرى الحديثة ٢٠٠ – ٢٥٠ جم / فدان معاملة البذور الغمس فى المحلول ٠.٢ % لمدة دقيقة معاملة الشتلات غمس الشتلات ١ % لمدة خمس دقائق.

بعض المشاكل التي تواجه إنتاج وإستخدام المخصبات الحيوية في مصر وكيفية التغلب عليها:-

نظرا لأهمية القصوى التي أصبحت تمثيلها المخصبات الحيوية من حيث الدور الهام الذي تقوم به للحد من تلوث البيئة ومشاركتها في دعم الصادرات الزراعية للدولة، فقد إنعقدت الآمال نحو إنتاجها بكميات ملموسة وعلي مستوي تجاري يسمح بالتوسع في مساحة الرقعه الزراعية التي يمكن تسميدها بمثل هذه النوعية من الأسمدة النظيفة لتحقيق الآمال المنشودة. وعلي الرغم من أهمية هذه المخصبات كصناعة واعدة ينتظرها مستقبل زاهر فإنها تواجه بعض المشاكل التي تتعلق بإنتاجها وإستخدامها في مصر.

ويمكن حصر هذه المشاكل فيما يلي:-

١- الحاجة إلي إستيراد مادة البيتموس من الخارج – نظرا لعدم وجود منتج محلي بديل – وهي من المواد مرتفعة الثمن نسبيا مما يمثل عائقا أمام هذه الصناعة الهامة والمستحدثة خاصة وإن هذه المادة تعتبر من أفضل المواد المستخدمة كحامل لكثير من اللقاحات خاصة لقاح الرايزوبيا، إلا أنه قد بدأت محاولات جادة لإنتاج البيتموس محليا في مصر في السنوات الأخيرة حيث يساهم القطاع الخاص بجهد وافر في هذا الإتجاه، بالإضافة إلي ما أشرنا إليه سابقا من محاولات ناجحة لإستخدام مواد بديلة تؤدي نفس الغرض وبنفس الكفاءة مثل إستخدام الأسمدة العضوية الصناعية.

٢- نقص الكميات المنتجة أصلا من المخصبات الحيوية علي المستوي المحلي وصعوبة تعويض النقص فيها بالأستيراد نظرا لصعوبة النقل مع المحافظة علي الحيوية. وعلي سبيل المثال فعلى الرغم من أن لقاح الرايزوبيا ينتج محليا في جمهورية مصر العربية منذ فترة طويلة إلا أن الكميات المنتجة منه في الوقت الراهن لا تغطى الأحتياجات المطلوبة ولابد من زيادة

المنتج ، ومن ناحية أخرى فإن هناك بعض المخصبات الحيويه لا تنتج بالمرة والمطلوب الإتجاه نحو إنتاج مثل هذه الأنواع لتغطية المطلوب منها على مستوى الزراع.

٣- عدم كفاءة المخصبات الحيوية المنتجة أو إنخفاض كفاءتها على الأقل في بعض الأحيان بسبب سوء التخزين غالبا وكذلك بسبب بعد مراكز إنتاجها عن أماكن استخدامها، ويمكن التغلب على ذلك بسهولة بمراعاة ظروف التخزين الجيدة وسرعة نقل هذه المخصبات بوسائل آمنة من مراكز إنتاجها إلى الزراع المستخدمين لها.

٤- عدم مشاركة القطاع الخاص مشاركة فعالة حتى الآن في إنتاج المخصبات الحيوية وقصر إنتاجها على مستوى المراكز البحثية بوزارة الزراعة، إلا أن هناك بعض المحاولات حاليا للقطاع الخاص لإنتاج مادة البيت المستخدمه كحامل لإنتاج لقاحات المخصبات الحيوية. ويمكن التغلب على ذلك بأن تقوم الحكومة والمسئولين عن قطاع الزراعة بصفة خاصة بتشجيع القطاع الخاص في مصر على إنتاج مثل هذه المخصبات الحيوية ولو على مستوى مشروعات صغيرة يقوم بها شباب الخريجين مع المتابعة والتوعية بأهمية مثل هذه النوعية من المخصبات بالنسبة لخصوبة التربة وإنتاج غذاء صحي أمن خالي من الملوثات وقابل للتصدير.

٥- قلة أو إنعدام المعرفة لدى معظم المزارعين بالمخصبات الحيويه وبأهميتها وكيفية إستخدامها... ناهيك عن عدم ثقة الزراع أصلا في جدوى إستخدام مثل هذه المخصبات النظيفة كبدائل للأسمدة الكيماوية الملوثة للبيئة، وقد يرجع ذلك بالدرجة الأولى إلى إنعدام الوعي البيئي لدى معظم الزراع وكذلك غياب البرامج الإرشادية لتوعية المزارعين بأهمية هذه النوعية من المخصبات خاصة وأنه معروف عن الفلاح المصري أنه لا يتقبل التغيير بسهولة مما يستلزم معه تكثيف الجهود والبرامج الإرشادية لتكوين وعى بيئي لدى المزارع المصري والوصول إلى مرحلة القناعة بجدوى أستخدام المخصبات الحيوية كبديل أمن للأسمدة الكيماوية.

٦- عدم المتابعة الجادة للتجارب التي تستخدم فيها المخصبات الحيوية بقصد التعرف على مشاكل تطبيقها وكذلك عدم الإستفادة من البحوث التي تجرى في الجامعات والمعاهد البحثية على إنتاج مثل هذه النوعية من الأسمدة الهامة، ويمكن علاج هذه المشكلة بمداومة الإتصال بين مراكز التجريب والإنتاج وبين الجهات المسئولة بوزارة الزراعة سواء في مديريات الزراعة بالمحافظات المختلفة أو حتى الجمعيات الزراعية.

٧- قلة الخبرة في مجال إنتاج هذه الأنواع من الأسمدة وكذلك الإفتقار إلى بعض المتطلبات الدقيقة مثل عدم إختيار المخمرات المناسبة ذات المواصفات المطلوبة والتي قد تمثل مشاكل

حادة في وجه إكتمال عملية إنتاج اللقاحات الميكروبية، ويمكن التغلب على ذلك بسهولة عن طريق عقد الدورات التدريبية للحصول على المهارات الفنية المطلوبة في هذا المجال.

٨- لا يجد المنتج الغذائي النظيف والخالي من التلوث والناتج من المعاملة بالمخصبات الحيوية رواجا لدى الكثير من المستهلكين نظرا لقلة الوعي الغذائي لديهم وبالتالي عدم إقبالهم على هذه النوعية من الأغذية النظيفة حيث إن ما يهم في هذا الإتجاه هو كمية الغذاء وليس نوعيته، وحتى الفئة الواعية المستهلكة قد لا تقبل هي الأخرى على مثل هذه النوعية من الأغذية أيضا نظرا لإرتفاع أسعارها مقارنة بأسعار الأغذية الناتجة من المعاملة بالأسمدة الكيماوية التقليدية. ويمكن التغلب على هذه المشكلة بخلق وعى لدى المستهلكين بأهمية إستخدام مثل هذه الأغذية نظرا لأهميتها فيما يتعلق بصحة الإنسان ومن ناحية أخرى تشجيع التصدير حيث تلاقى مثل هذه الأغذية رواجا لدى الكثير من الدول المستوردة.

المراجـع

المراجع العربية

١- د/ عبد العظيم محمد، أساسيات تغذية وتسميد النبات، المكتب المصري لتوزيع المطبوعات ٢٠٠٢.

٢- د/ علي تاج الدين فتح الله، د/ ضيف الله بن هادي الراجحي، التلوث والبيئة الزراعية، كلية الزراعة جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية ١٩٩٨.

٣- د/ عبد المنعم بلبع، د/ جمال محمد الشبيني، التسميد العضوي، المكتبة المصرية ٢٠٠٢.

٤- د/ سعد علي ذكي محمود، عبد الوهاب محمد عبد الحافظ، محمد الصاوي محمد مبارك، ميكروبيولوجيا الأراضي، مكتبة الأنجلو،القاهرة ١٩٨٨.

٥- د/فؤاد عبد العزيز أحمد الشيخ، الأسمدة وصحة النبات والحيوان والأنسان، دار النشر للجامعات ٢٠٠٧.

٦- عبد المنعم لبع، منشأ المعارف بألاسكندرية، ١٩٩٨.

٧- د/ إحسان علي المحاسنة، التقانات الحيوية المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ١٩٩٥.

٨- ألكسندر، مارتن مقدمة في ميكروبيولوجيا التربة، جون وايلي، نيويورك، مكتبة الأهرام، ١٩٨٢.

٩- د/ الشحات محمد رمضان طه ،الاسمدة الحيوية والزراعة العضوية غذاء صحي وبيئة نظيفة، دار الفكر العربي، ٢٠٠٧.

١٠- د/ عبد الوهاب، د/ سمير محمد، تطور إستخدام الحوامل البكتيرية المحلية كبديل للبت المستورد في صناعة لقاحات الرايزوبيا١٩٩٦.

١١- د/ ماهر جورج، ماجدة أبو المجد، وفاء حسن، أساسيات تغذية النبات، دار الزهراء الرياض، ٢٠٠٨.

١٢- د/ البشبيشي، د/ طلعت رزق،د/ محمد أحمد، تغذية النبات، دار النشر للجامعات، ١٩٩٨.

١٣- د/ حمزة محمد النخال، علم الأحياء الدقيقة، دار المعارف، ١٩٨٧.

١٤- د/ فتحي اسماعيل حوقة ، د/ توفيق سعد شادي ،الاسمدة الحيوية ودورها في حماية البيئة وسلامتة الغذاء، المكتبة العصرية بالمنصورة،٢٠٠٤.

١٥- د/ أحمد عبد الفتاح محمود، د/ إسلام إبراهيم أبو السعود، أضواء علي التلوث، المكتبة المصرية،٢٠٠٧.

١٦- د/طلعت إبراهيم، التلوث الهوائي والبيئة، مكتبة الأسرة الهيئة المصرية العامة للكتاب القاهرة،١٩٩٩.

١٧- مصطفي عبد اللطيف عباس، حماية البيئة من التلوث، ٢٠٠٤.

المراجع الأجنبية

1. Dixon, R. O. D. and wheeler, C. T. (1986). Nitrogen fixing in plants. Blackie. Galsgow & London Chapman and Hall. New York. USA.
2. El-Nawawy, A. (1997). The use of ble-green algae as biofertilizers. In Proceeding of The Training Course on Bio-Organice Farming Systems for Sustainable Agriculture. Nov. 26 to Des. 6. 1995. Cairo. Egypt.
3. Ilyaletdinov, A. (1988). Microbiological conversion of nitrogen compounds in the soil. Nauka Puplishers. Moskow.
4. Subba Rao, N. S. (1982). Advances in Agricultural Microbiology. Oxford of IBH Publishing Co. New Delhi.
5. Subba Rao, N. S. (1988). Biofertilizers in Agriculture. Oxford of IBH Publishing Co. Ltd. New Delhi. Bombay and Cacuta, 134 – 144.
6. Sylvia, D. m.; Fuhrmann, J. J.; Hartel, P. G. And Zuberer, D. A. (1998). Principles and applications of soil microbiology. Prentice-Hall. Inc. Upper Saddle River. New Jersey. USA.

7. Tortora, G. J.; Funke, B. R. and Case, C. L. (1986). Microbiology. The Benjamin/Cummings Pubishing Company. Inc.

8. Alexander, M. (1997). Introduction to Soil Microbiology. John Wiley & Sone, Inc. New york.

9. Allen, M. (1991). The Ecology of Mycorrhizae. Cambrige Univ. Press, UK.

10. Bothe, H. (1982). Nitrogen fixation. In; The biology of cyanobacteria (N.G. Carr and B. Whitton eds.). Blackwell Scientffic Publ., Oxford, UK.

11. Harly, J. L. and S. M. Smith (1983). Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London, UK.

12. Rai, A. B.; M. Kumar and S.Raychaudhuri(2001). Biopesticides: An important component of integrated disease management in sustainable agriculture. In Souvenir, II North Eastern Regional Conference on Biofertilizers, AAU, Jorhat, India.

13. Stanier, R. Y.; E. A. Adelberg and J. L. Ingram (1983). General Microbiology. The MacMillan Press, LTD, London, UK.

14. subba Rao, N. S. (1999). Soil Microbiology. Science Publ. Inc., USA.

15. Yadav, A. K. and S. Raychaughuri (2001). Three Decades of Research in Biofertilizers and Organic Farm-ing. Pub. North Eastern Regional Association on Biofertilizers, AAU, Jorhat, India.

16. Abou El Seoud, I. I. A. (1998). Effect of mycorizal fungus inoculation in organic fertilizer soil on the groth and yield of cotton in relation to phosphorus fertilization. M.SC. Faculty of Agiculture (Saba Basha), Alexandria University, Egypt.

17. Abou El Seoud, I. I. A. (2005). Influence of my mycorizae and phosphate mobilizing bacteria on P nutrition of some vegetable crops. PhD. Faculty of Agiculture (Saba Basha), Alexandria University, Egypt.

١٨- الانترنت

http://www.kenanaonline.com/ws/elhaisha/blog/50699/page/7

http://www.eeaa.gov.eg/arabic/main/about.asp

http://www.faoda.4t.com/Organic_Agri/Or_Tasmeed.htm

http://www.fekrzad.com/library/7382.html

http://www.moa.gov.ps/forum/showthread.php?t=928

http://www.alexagri.com/forum/showthread.php?t=352

http://www.zu.edu.eg/agr/journal/Arabic/ZJAGR/AR2007/march/3.html

http://www.arabency.com/index.php?module=pnEncyclopedia&func=display_term&id=14643&vid=15

http://www.arabvet.com/modules/newbb_plus/viewtopic.php?forum=26&topic_id=9277&post_id=55198&viewmode=flat&sortorder=0&showonepost=1

http://www.kenanaonline.com/ws/elhaisha/blog/50699/page/7

http://www.nap.edu/readingroom/books/bnf/chapter1.html

http://www.science.siu.edu/microbiology/micr425/425Notes/12-NitrFix.html

http://helios.bto.ed.ac.uk/bto/microbes/nitrogen.htm#Top

http://pmep.cce.cornell.edu/facts-slides-self/facts/nit-el-grw89.html

http://www.soils.agri.umn.edu/academics/classes/soil2125/doc/s9chap2.htm

http://www.arabency.com/index.php?module=pnEncyclopedia&func=display_term&id=3260

أمجد محمد ناشر