ووجد فى الفاصوليا أن تكوين عقد الرايزوبيم الجذرية بسلالات *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* والمحصول يزدادان لدى تلقيح التربة بالخميرة *Saccharomyces cerevisiae* (Mekhemar & Al-Kahal ٢٠٠٢).

الكائنات الدقيقة الفعالة (الـ إى إم)

إن الـ إى إم (EM) هو تحضير تجارى يابانى يحتوى على أكثر من ٦٠ نوعًا من الكائنات الدقيقة الفعالة فى تنشيط النمو النباتى، ولذا.. فإن هذا التحضير يُعرف باسم effective microorganisms.

كانت بداية تطوير الـ EM فى اليابان بواسطة دكتور Tero Higa منذ أكثر من ٤٠ عامًا. ولقد نُسِب إلى الـ EM أنه يُثبط الإصابة بالأمراض والآفات، ويُذيب العناصر المعدنية فى التربة، ويُحسن من كفاءة البناء الضوئى وتثبيت النيتروجين البيولوجى. وعمومًا.. فهو ينشط النمو ويزيد المحصول ويُحسِّن من جودته. وبينما أكدت نحو ٧٠٪ من الدراسات التى أُجريت عليه فائدته للنمو النباتى، فإن ٣٠٪ منها لم تجد له تأثير معنوى (Olle & Williams ٢٠١٣).

يؤثر الـ EM إيجابيًّا على النمو من خلال محتواه العالى من كثير من الإنزيمات والأحماض العضوية ومحفزات النمو، والفلافونات، والأحماض الأمينية التى تُعد جميعًا من نواتج أيض مختلف الكائنات الدقيقة التى تتواجد بالـ EM.

تنشيط الـ إى إم

يتعين تنشيط التحضير التجارى قبل استخدامه وذلك بتركه ليتخمر لمدة سبعة أيام فى الجو الدافئ (تزيد المدة إلى ١٠-١٤ يومًا بانخفاض درجة الحرارة) مع الماء والمولاس بنسبة ٩ ماء : ٠,٥ مولاس : ٠,٥ EM بالحجم.

يجب أن تتوفر شروط معينة فى الماء الذى يستخدم عند تخمير الـ EM مع المولاس أو عند رشه على النباتات، كما يلى:

١- ألاّ يحتوى الماء على الكلور الذى يقتل البكتيريا الضارة والمفيدة على حد سواء، علمًا بأن الكائنات الدقيقة التى يحتويها الـ EM يمكنها مقاومة الكلورين حتى تركيز لا يزيد عن ٣ أجزاء فى المليون.

٢- ألاّ يحتوى الماء على أى فلورين، وهو الذى يوقف أىّ نشاط إنزيمى حتى ولو كان بتركّيز جزء واحد فى المليون.

٣- ألاّ يحتوى الماء على أى ملوثات كيميائية أو مسببات مرضية.

وأفضل مصادر المياه للاستخدام، هى: مياه الآبار، ومياه الأمطار التى تجمع وتخزن بطريقة مناسبة، ومياه الأنهار. وأقل مصادر المياه صلاحية للاستعمال مع الـ EM هى مياه الشرب نظرًا لما تحتويه من كلورين.

المكونات الميكروبية للـ إى إم

تعتبر البكتيريا القادرة على البناء الضوئى photosynthetic bacteria هى العمود الفقرى للـ EM، حيث تعمل تداوبيًا synergistically مع الكائنات الدقيقة الأخرى لتوفير احتياجات التغذية للنباتات وتقليص مشكلة الإصابات المرضية.

وتوجد خمس مجموعات ميكروبية تستخدم فى تحضير محاليل الـ EM، وهى كما يلى:

١- البكتيريا التى تقوم بعملية البناء الضوئى

تُعرف هذه البكتيريا بالإسمين photosynthetic bacteria، و phototrophic bacteria، وهى تعتمد على ذاتها فى تحضير غذائها. تقوم هذه البكتيريا بتمثيل الأحماض الأمينية، والأحماض النووية، والمواد التى تتفاعل بيولوجيًّا، والسكريات، وذلك من إفرازات الجذور، والمواد العضوية باستعمال الأشعة الشمسية وحرارة التربة كمصادر للطاقة. كما يمكنها استعمال الطاقة من الأشعة تحت الحمراء للأشعة الشمسية

بين ٧٠٠، و١٢٠٠ نانوميتر لإنتاج المادة العضوية، بينما لا يمكن للنباتات ذلك. وتستفيد النباتات من نشاط تلك البكتيريا حيث تمتص النباتات منتجاتها الأيضية مباشرة، كما تُستخدم كمواد أولية لبكتيريا التربة؛ مما يزيد من التنوع البيولوجى لكائنات التربة الدقيقة، وزيادة نشاط الكائنات الدقيقة الأخرى التى توجد بالـ EM.

يؤدى تواجد ونشاط تلك البكتيريا إلى زيادة نشاط الميكوريزا (VAM) فى المحيط الجذرى بسبب توفيرها للمركبات النيتروجينية (الأحماض الأمينية) لاستعمال الميكوريزا، وهى التى تنتج كإفراز للـ phototrophic bacteria. وتؤدى زيادة نشاط الميكوريزا إلى زيادة تيسر الفوسفور فى التربة. ويمكن للميكوريزا أن تتواجد مع بكتيريا الآزوتوباكتر Azotobacter كبكتيريا مثبتة لآزوت الهواء الجوى.

ومن البكتيريا القادرة على البناء الضوئى، ما يلى:

Rhodopseudomonas palustris (ACTCC17001).

Rhodobacter sphaeroides (ACTCC17023).

٢- بكتيريا حامض اللاكتيك

تقوم بكتيريا حامض اللاكتيك lactic acid bacteria بإنتاج حامض اللاكتيك من السكريات، وهو الذى يعد معقمًا قويًّا، مما يعنى تثبيت الكائنات الدقيقة الضارة، كما أنه يؤدى إلى زيادة سرعة تحلل المادة العضوية مثل اللجنين والسيليلوز. ويمكن لبكتيريا حامض اللاكتيك تثبيط تكاثر فطر الفيوزاريم.

ومن بكتيريا حامض اللاكتيك، ما يلى:

Lactobacillus plantarum (ACTCC8014)

Lactobacillus casei (ACTCC7469)

Streptococcus lactis (IFO12007)

٣- الخمائر

تقوم الخمائر yeasts بتمثيل مركبات مضادة للكائنات الدقيقة، وذلك اعتمادًا على الأحماض الأمينية والسكريات التى تفرزها الـ photosynthetic bacteria، وعلى المادة العضوية. كذلك فإن المواد النشطة بيولوجيًّا مثل الهرمونات والإنزيمات التى تنتجها الخمائر تُحفز الانقسام النشط لخلايا الجذور، كما تستفيد من إفرازاتها الكائنات المفيدة الأخرى، مثل بكتيريا حامض اللاكتيك والأكتينوميسيتات actinomycetes.

ومن الخمائر، ما يلى:

Saccharomyces cerevisiae (IFOO203).

Candida utilis (IFOO 619).

٤- الأكتينوميسيتات

إن الأكتيوميسيتات actinomycetes كائنات دقيقة تعد وسطًا فى تركيبها بين البكتيريا والفطريات، وتنتج مضادات ميكروبية من الأحماض الأمينية التى تتحصل عليها من الـ photosynthetic bacteria والمواد العضوية. وهذه المضادات الميكروبية تثبط نشاط ونمو البكتيريا والفطريات. ويمكن للأكتينوميسيتات أن تتواجد مع الـ photosynthetic bacteria.

ومن أمثلة الأكتينوميسيتات، ما يلى:

Streptomyces albus (ATCC3004).

Streptomyces griseus (IFO 358)

٥- الفطريات المخمّرة

من أمثلة الفطريات المخمّرة Fermenting fungi: الـ *Aspergillus*، والـ *Penicillium*، وهى تحلل المادة العضوية سريعًا، منتجة كحول، وإسترات،

ومضادات ميكروبية.

ومن أمثلة الفطريات المخمرة، ما يلى:

Aspergillus oryzae (IFO5770).

Mucor hiemalis (IFO8567).

٦- بكتيريا مثبتة لآزوت الهواء الجوى.

٧- أنواع بكتيرية أخرى (عن Kato وآخرين١٩٩٩، وGolec وآخرين ٢٠٠٧).

طرق المعاملة بالـ إى إم

يمكن المعاملة بالـ EM بأى من الطرق الآتية:

١- معاملة البذور قبل الزراعة بترطيبها، أو نقعها - إن أمكن - فى الـ EM.

٢- معاملة بيئات الزراعة قبل استعمالها فى إنتاج الشتلات أو النمو المحصولى:

تستفيد النباتات - كثيرًا - من تلقيح بيئات الزراعة المعقمة بالـ EM؛ ذلك لأن بيئات النمو المعقمة تكون عرضة أكثر من غيرها لأن تستعمرها المسببات المرضية، بينما يمكن للكائنات الدقيقة المفيدة فى الـ EM القيام بهذا الدور؛ مما يترتب عليه تقليل فرصة الكائنات المرضة فى النمو. ولذلك أهميته فى كل من بيئات المشاتل وبيئات الإنتاج المحصولى فى الزراعات المحمية.

٣- رش الشتلات قبل شتلها، ورش النموات الخضرية فى الحقل:

يُفضل الرش بالـ EM إما فى الصباح الباكر (قبل العاشرة صباحًا) وإما متأخرًا بعد الظهر (بعد الرابعة مساءً). ويفضل أن تكون الحرارة معتدلة (أقل من ٢٧°م) والرطوبة عالية والرياح ساكنة (حتى تكون الثغور مفتوحة)، علمًا بأن وجود الندى على الأوراق يُساعد فى عملية التغذية الورقية. كما يجب أن يصل محلول الرش إلى السطح السفلى للأوراق.

ويمكن المعاملة رشًّا بمخلوط من الـ EM ومستخلص الكمبوست. تستفيد النباتات من الرش بصورة مباشرة، فضلاً عن أن ما يتقاطر على التربة من الـ EM يفيد – كذلك– فى تلقيحها بالكائنات الدقيقة المفيدة. ويفيد تكرار الرش خلال موسم النمو فى توفير حماية للنباتات من الإصابات المرضية.

٤– معاملة التربة:

إن إضافة الـ EM إلى التربة تهيئ الظروف الملائمة لنمو ونشاط الكائنات الدقيقة الأخرى المفيدة، والديدان الأرضية للنمو؛ مما يعيد التوازن للحياة فى التربة. وعندما يقترن ذلك بإضافة المواد العضوية فإن التربة تصبح مثبطة للأمراض والآفات، ويساعد فى سرعة تحول البقايا النباتية إلى دبال.

عند إضافة الـ EM إلى التربة يتعين بل التربة حتى عمق ٧,٥– ١٠سم، لضمان وصول الكائنات الدقيقة المفيدة إلى منطقة نمو الجذور.

ويتعين تكرار معاملة التربة بالـ EM خلال السنتين الأولى والثانية من بدء المعاملة لتأمين تواجد أعداد كافية من الكائنات الدقيقة فى التربة، تقلل – فيما بعد – الحاجة إلى تكرار المعاملة عدة مرات سنويًّا. ويفضل خلال السنتين الأولى والثانية أن تكون المعاملة بمعدل حوالى ١٥٠ لتر من الـ EM المنشط (أى حوالى ٧,٥ لتر من الـ EM الخام) لكل فدان سنويًّا. ومع مرور الوقت فإن الـ EM يعمل على تحسين بناء التربة واحتفاظها بالرطوبة وتوفير العناصر؛ بما يسمح بتقليل إضافته.

<http://www.emamerica.com/data/household/soil-treatment/>.

٥– معاملة الكمبوست أثناء تجهيزه:

إن إضافة الـ EM إلى الكمبوست أثناء تجهيزه تؤدى إلى خفض نسبة الكربون إلى النيتروجين به إلى ١٥ :١ مقارنة بنسبة ١٨ : ١ التى تكون فى الكمبوست غير المعامل بالـ EM. كذلك يكون الكومبوست المعامل غنيًّا بالأكيتنوميسيتات actinomycetes

وبالـ Pseudomonads.

٦- رش نباتات الأسمدة الخضراء بالـ EM قبل قلبها فى التربة؛ لأن ذلك يُعجِّل بتحويل النموات الخضراء إلى دبال.

مزايا المعاملة بالـ إى إم وأمثلة

تفيد المعاملة بالـ EM فى تحقيق المزايا التالية:

١-يفيد الـ EM فى إنتاج الأحماض الأمينية التى تعد مصدرًا بطئ التيسر للآزوت لا يكون سريع الفقد مثلما يكون عليه الحال مع النترات.

٢-بناء تجمعات التربة:

إن تجمعات التربة تتكون من معادن الطين التى تلتصق بعضها ببعض بواسطة الإفرازات التى تنتجها بكتيريا التربة أثناء نشاطها. ومن المعروف أن الـ EM ينتج مستويات عالية من عديدات التسكر، والإنزيمات، والأحماض العضوية، وجميعها يفيد فى بناء تجمعات ثابتة لحبيبات التربة.

٣-قد تلعب الكائنات الدقيقة التى تتوفر فى الـ إى إم دورًا فى حثّ المقاومة الجهازية فى النباتات ضد بعض الإصابات المرضية.

٤-أدت المعاملة بالـ EM مع المولاس بمعدل ٢,٤ لتر للفدان فى ١٠م^{٣} من ماء الرى، ثلاث مرات للبصل، ومرتان للبسلة، وسبع مرات للذرة السكرية إلى زيادة المحصول بنسبة ٢٩٪، و٣١٪، و٢٣٪ للمحاصيل الثلاثة، على التوالى (Daly & Stewart ١٩٩٩).

٥-أدت إضافة الـ EM للمادة العضوية فى التربة، بالإضافة إلى رشتين بالـ EM إلى إعطاء أعلى محصول من الفاصوليا والطماطم، وتلت تلك المعاملة — مباشرة وبفروق قليلة فى المحصول — إضافة الـ EM إلى الكمبوست أثناء تجهيزه وقبل إضافته للتربة، مع رشتى الـ EM. ويتضح من ذلك أهمية إضافة الـ EM إلى المادة العضوية أثناء تحللها فى

الحقل، وكذلك أهمية الرش بالـ EM (Sangakkara & Marambe ١٩٩٩).

٦- أدت معاملة السماد العضوى المستخدم فى تسميد الطماطم بالـ EM، أو إضافة الـ EM إلى التربة مباشرة إلى زيادة محصول الطماطم وتحسين نوعية الثمار من حيث محتواها من الأحماض العضوية وفيتامين ج، كما أدت تلك المعاملة إلى زيادة معدل البناء الضوئى بالأوراق (Xu وآخرون ٢٠٠٠).

٧- أدت معاملة الفراولة الفريجو بالـ EM بمعدل لترين للفدان إلى إحداث زيادات جوهرية فى كلٍ من ارتفاع النباتات، وعدد الأوراق، وطول الجذور، والوزن الجاف للنموين الجذرى والخضرى، ومستوى الكلوروفيل، ومحتوى النباتات من كل من المواد الكربوهيدراتية الكلية، والنيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، ومحصول الثمار، وذلك مقارنة بتلك القياسات فى نباتات الكنترول (El-Gamal وآخرين ٢٠٠٧).

دراسة تفيد عدم جدوى المعاملة بالـ إى إم

يُستفاد من دراسة أجريت على المعاملة بالـ EM فى هولندا أنه لم يكن مؤثرًا، ولم يكن استعماله مجديًا. كذلك ناقشت الورقة ظروف وطريقة إجراء الدراسات التى سبق إجراؤها على الـ EM وتوصلت إلى أن جميع هذه الدراسات شابها أخطاء فى تصميمها، وأن بعضها لم يخضع لأى تحليل إحصائى؛ بما يعنى عدم صحة النتائج التى توصلت إليها (Golec وآخرون ٢٠٠٧).

الـ إى إم بروبايوتك

أنتجت التكنولوجيا اليابانية فى عام ١٩٨٢ منتجًا تجاريًّا آخر يعرف باسم pro EM1 Probiotic، وهو يحمل اسمًا شبيهًا بالـ EM، إلا أنه يختلف عنه؛ فهو يختلف قليلاً فى محتواه من الكائنات الدقيقة، ويحضر بطريقة مختلفة، كما لا يمكن تنشيطه مثلما ينشط الـ EM بالمولاس.

ويحتوى الـ Pro EM1 Probiotic على ما لا يقل عن مليون وحدة مكونة

للمستعمرات CFU بكل ملليلتر، من الكائنات الدقيقة التالية:

Lactobacillus plantarum

L. casei

L. fermentus

L. bulgaricus

Saccharomyces cerevisiae

Rhodopseudomonas palustris

الميكوريزا

تعريف الميكوريزا

يطلق اسم ميكوريزا Mycorrhizae (وليس ميكورهيزا، ولا ميكورهيزا) — مجازًا- على مجموعة من الفطريات التى تعرف باسم"Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae" (اختصارًا: VAM)، وهى من الفطريات الطحلبية Phycomycetes، وتنتمى إلى عائلة Endogonaceae، وتعيش معيشة تعاونية مع جذور النباتات. وتعد هذه الفطريات من المتطفلات الإجبارية Obligate Parasites التى لا يمكن زراعتها على بيئات صناعية، فهى لا تنمو إلا مع عوائلها.

وقد ذكرنا أن كلمة "ميكوريزا" تطلق — مجازًا — على هذه الفطريات؛ ذلك لأنها مصطلح يصف العلاقة بين هذه الفطريات وجذور النباتات الراقية.

وقد جاء المصطلح من علاقة تبادل المنفعة بين الفطريات (الاسم اليونانى mukes)، والجذور الحية (الاسم اليونانى rhiza)؛ ومن ثم المصطلح "Mycorrhizae".