الفصل الرابع

المنشطات الحيوية

إن المنشطات الحيوية Biostimulants عبارة عن مستحضرات طبيعية تحتوى على منظمات نمو معينة، أو عناصر غذائية، أو كائنات دقيقة، وتؤدى — عند معاملة النباتات بها — إلى تحفيز النمو النباتى، وزيادة المحصول، كما يؤدى بعضها إلى زيادة قدرة النباتات على تحمل الظروف البيئية القاسية.

وتعمل بعض المنشطات الحيوية — من خلال نشاطها الحيوى — على توفير بعض العناصر الغذائية فى البيئة النباتية، بينما يفيد بعضها الآخر فى إمداد النبات بتلك العناصر، كما يعمل الكثير منها على توفير توازن هرمونى معين؛ إما بصورة مباشرة عن طريق المحفز ذاته، وإما بصورة غير مباشرة من خلال نشاط الكائنات الدقيقة التى يحتويها المحفز.

وتحتوى المنشطات الحيوية على واحد أو أكثر من مجموعات محفزات النمو التالية:

١- الكائنات الدقيقة:

من أمثل هذه الكائنات ما يلى:

أ- بكتيريا تثبيت أزوت الهواء الجوى فى التربة، أو فى جذور البقوليات.

ب- أنواع بكتيرية أخرى تعمل — من خلال نشاطها الحيوى — على توفير عناصر ضرورية أخرى (مثل الفوسفور) فى صورة ميسرة لامتصاص النبات.

جـ- أنواع بكتيرية وفطرية تعمل — من خلال نشاطها الحيوى — على توفير توازن هرمونى معين محفز للنمو النباتى.

د- أنواع فطرية (فطريات "الميكوريزا" Mycorhizae) تعيش تعاونيًّا مع جذور النباتات.

٢- مركبات كيميائية أخرى – غير سمادية – محفزة للنمو؛ مثل: حامض الهيوميك humic acid، وحامض الفلفيك fulvic acid، وحامض الفوليك folic acid، وبوليمرت حامض اللاكتيك، ومجموعة فيتامينات B، وحامض الأسكوربيك (فيتامين C)، وغيرهم.

٣- مستخلصات طحالب بحرية وغيرها من المستخلصات النباتية.

بكتيريا التسميد الحيوى

يعرف عديد من الأنواع البكتيرية والتحضيرات التجارية البكتيرية التى تستخدم فى التسميد الحيوى. ومن أهم شروط استخدام تلك البكتيريا التسميد العضوى الجيد قبل الزراعة؛ لكون السماد العضوى بيئة أساسية لنشاط هذه البكتيريا وتكاثرها.

ومن بين التحضيرات التجارية لتلك الأنواع البكتيرية، ما يلى:

١- تحضيرات تقوم بتثبيت آزوت الهواء الجوى:

من أمثلة هذه التحضيرات التجارية ما يلى:

أ- ريزوباكتيرين:

يحتوى على البكتيريا المثبتة لآزوت الهواء الجوى محملة على بيت موس بتركيز 10^8 خلية بكتيرية لكل جرام من البيت. تعامل به البذور قبل زراعتها مباشرة، مع مراعاة عدم معاملة البذور بمطهرات فطرية، وإلا فإن الرايزوباكتيريم يخلط مع كمية مناسبة من الرمل، ويضاف إلى جانب النباتات فى خط الزراعة.

ب- ميكروبين:

يحتوى على مجموعة كبيرة من الكائنات الدقيقة التى تقوم بتثبيت آزوت الهواء الجوى، وتحول الفوسفور والعناصر الصغرى إلى صورة صالحة لامتصاص النبات.

جـ- سيريالين:

يستعمل – بصفة خاصة – مع المحاصيل النجيلية، والسكرية والزيتية.

د- نتروبين:

يحتوى النتروبين - كذلك - على بكتيريا تقوم بتثبيت آزوت الهواء الجوى.

وجميع التحضيرات التجارية المذكورة أعلاه من إنتاج الهيئة العامة لصندوق الموازنة الزراعية تحت إشراف جهات بحثية مختلفة، ويؤدى استعمالها إلى توفير نحو ٢٥٪- ٣٥٪ من احتياجات النباتات السمادية من عنصر الآزوت.

٢- تحضيرات تحتوى على بكتيريا تقوم بتوفير عنصر الفوسفور فى صورة ميسرة لامتصاص النبات:

تُحدث هذه البكتيريا تأثيرها من خلال إفرازاتها من الأحماض العضوية التى تعمل على إذابة العناصر التى تتوفر بكثرة فى التربة فى صورة غير ميسرة لاستعمال النبات، مثل عناصر الفوسفور، والحديد، والزنك، والنحاس، والمنجنيز.

ومن التحضيرات التجارية لهذه المنشطات ما يلى:

أ- ميكروبين .. وقد سبقت الإشارة إليه.

ب- فوسفورين:

يحتوى الفوسفورين على بكتيريا نشطة فى تحويل فوسفات ثلاثى الكالسيوم - غير الميسرة لاستعمال النبات - إلى فوسفات أحادى الكالسيوم الميسرة للنبات، علمًا بأن الصورة غير الميسرة تتواجد بتركيزات عالية فى الأراضى المصرية نتيجة للاستخدام المركز للأسمدة الفوسفاتية.

ويخلط الفوسفورين بالتقاوى قبل الزراعة، كما يمكن إضافته إلى جانب النباتات أثناء نموها.

ومن أمثلة التحضيرات التجارية الحيوية الأخرى المنشطة للنمو النباتى والميسرة للعناصر الغذائية للنبات، ما يلى:

التحضير التجارى	تأثيره
● سمبيون فام Symbion-Vam (يحتوى على عدة أنواع من فطريات الكيوريزا وأنواع بكتيرية تعيش فى التربة، منها *Bacillus megaterium*)	تسهيل امتصاص العناصر، وزيادة المقاومة لإجهاد الجفاف والبرودة، ولبعض الآثار الضارة لأمراض الجذور، فضلاً عن تيسير الفوسفور فى التربة
● سمبيون الآزوت Symbion-N (يحتوى على البكتيريا *Azospirillium* spp.)	مثبت لآزوت الهواء الجوى
● سمبيون الفوسفور Symbion-P (يحتوى على البكتيريا *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*)	مذيب للفوسفور فى التربة
● سمبيون الآزوت أسيتوباكتر Symbion-N (*Acetobacter*) (يحتوى على البكتيريا التكافلية التعايش *Acetobacter* spp.)	مدّ النبات بالآزوت وبعض الهرمونات المحفزة للنمو، علمًا بأن البكتيريا تعيش تكافليًا داخل جذور النبات.
● سمبيون الآزوت رايزوبيم Symbion-N (*Rhizobium*) (يحتوى على بكتيريا *Rhizobium* spp.)	مدّ النبات ببكتيريا الرايزوبيم التى تعيش تكافليًا فى جذوره وتمده بالنيتروجين
● سمبيون البوتاسيوم Symbion-K (يحتوى على البكتيريا *Frateuria aurentia*)	تقوم البكتيريا بتحرير البوتاسيوم من مصادره غير الذائبة كمعادن التربة الأساسية.

بكتيريا المحيط الجذرى

تعيش بكتيريا المحيط الجذرى rhizosphere bacteria فى المحيط الجذرى للنباتات، التى تستفيد من نشاطها البيولوجى.

لا تُعرف – على وجه الدقة – الكيفية التي تتحقق من خلالها استفادة النباتات من تلك الأنواع البكتيرية، وإن كانت هناك عدة احتمالات لذلك، منها ما يلي:

١- تفرز البكتيريا أثناء نشاطها البيولوجي عددًا كبيرًا من المركبات التي يمكن أن تستفيد منها النباتات؛ مثل: الفيتامينات، والأحماض الأمينية، والفينولات، ومركبات أخرى عديدة تقدر بالآلاف.

٢- تفرز البكتيريا عديدًا من منشطات النمو الهرمونية التي تحقق للنبات توازنًا هرمونيًا مناسبًا للنمو الجيد.

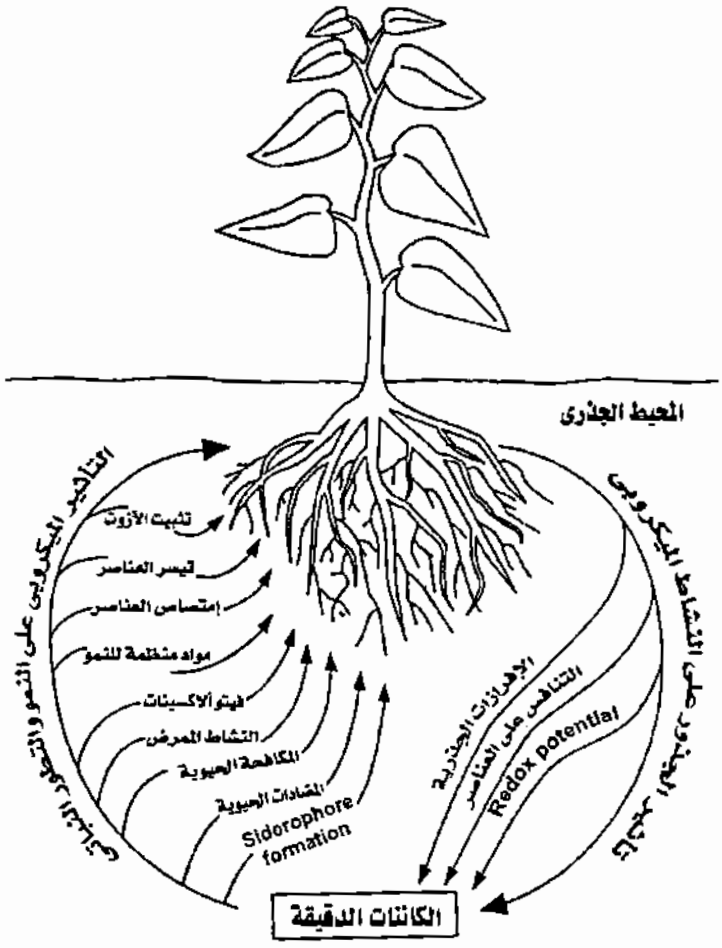
٣- تفرز البكتيريا أثناء نشاطها مضادات حيوية متنوعة تفيد في وقف نشاط الكائنات الدقيقة الأخرى المسببة للأمراض؛ مثل البكتيريا، والفطريات.

٤- تحفز البكتيريا – بسبب نشاطها البيولوجي – امتصاص النبات للعناصر المغذية من التربة.

وكلما تنوعت الأنواع البكتيرية الموجودة في المنشط الحيوى ازداد تنوع إفرازاتها، وازدادت – بالتالى – الفائدة التى تعود منها على النباتات.

وغنى عن البيان أن الأنواع البكتيرية التى يمكن أن تستفيد النباتات من نشاطها لا تمثل سوى نسبة ضئيلة من آلاف الأنواع البكتيرية المعروفة، وأن التآلف – وليس التنافس – بين هذه الأنواع ضرورى لكى تتحقق للنباتات الفائدة المرجوة منها.

إن المحيط الجذرى rhizosphere هو ذلك الجزء من التربة الذى يقع تحت التأثير المباشر لجذور النباتات الراقية، وهو يعد أكثر أجزاء التربة كثافة بالكائنات الدقيقة التى تكون فى تلامس مباشر مع الجذور النباتية. وتكون جذور معظم النباتات الراقية فى علاقة بعدد كبير من الأنواع الميكروبية النشطة، وقد تكون تلك العلاقة مفيدة للطرفين mutualistic، أو مضادة لأحدهما antagonistic، أو متباينة التأثير. ويوضح شكل (٤-١) عديد من تلك التأثيرات التى يمكن أن تحدثها الكائنات الدقيقة للمحيط الجذرى على النباتات.



شكل (٤-١): التفاعلات الممكنة بين النباتات والكائنات الدقيقة التى يمكن أن تـؤثر فى النمو النباتى.

وتعـرف الأنـواع البكتيريـة تلـك المنـشطة للنمـو باسـم Plant Growth-Promoting Rhizobacteria، وهى بكتيريا تتكـاثر بـالقرب مـن الجـذور، وتنتمـى إلى عـدة أجنـاس وأنواع؛ من أهمها الجنسان: *Pseudomonas*، و *Bacillus*. تتم المعاملة بها – غالبًا – عن طريق البذور.

وقد تبين أن هذه البكتيريا تكسب النباتات مناعة جهازية Induced Systemic Resistance ضد عديد من الأمراض. ومن أمثلة ذلك الحالات التالية (Liu وآخرون ١٩٩٥أ، و ١٩٩٥ب).

المحصول	الأمراض التي كوفحت جهازيًا (ومسبباتها)
الخيار	الأنثراكنوز (الفطر *Colletotrichum orbiculare*)
	تبقع الأوراق الزاوى (البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*)
	الذبول الفيوزارى (الفطر *Fusariam oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)
	سقوط البادرات (الفطر *Pythium aphanidermatum*)
الفاصوليا	اللفحة الهالية (البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*)

وقد استعمل فى هذه الدراسات سلالات معينة من عدة أنواع بكتيرية؛ منها:

Pseudomonas putida

Serratia morcescens

Pseudomonas fluorescens

وتعتبر البكتيريا *Bacillus cereus* من المنشطات الحيوية التى تستعمل عن طريق التربة، أو بمعاملة البذور قبل الزراعة، أو رشًا على النموات الخضرية.

وقد أدى استعمالها عن طريق التربة إلى زيادة محصول الباذنجان بنسبة ١١٤٪ مقارنة بمعاملة الشاهد، كما كانت معاملة بذور الخيار أكثر فاعلية من معاملة رش النباتات (Li & Mei ١٩٩١).

ومن بين منشطات النمو الهرمونية التى تفرزها بعض الكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة، أو فى المحيط الجذرى، أو التى تكون فى علاقة تعاونية مع جذور النباتات، ما يلى:

١- تُفرز عديد من أنواع الجنس *Azotobacter* إندول حامض الخليك، وحامض الجبريلليك، ومركبات شبيهة بالجبريللينات، ومركبات شبيهة بالسيتوكينين، وثلاثى إندول حامض البيروفيك.

٢- تفرز عديد من أنواع الجنس *Rhizobium* إندول حامض الخليك، كما يفرز بعضها ثلاثى إندول حامض البيروفيك، وحامض الجبريلليك، وجبريللينات أخرى، ومركبات شبيهة بالسيتوكينين، والأيزوبنتيل أدينين.

٣- تفرز عديد من أنواع الميكوريزا إندول حامض الخليك، وثلاثى إندول حامض الكربوكسيلك، ومركبات شبيهة بالسيتوكينين، والزيتاتين (Arshad & Frankenberger ١٩٩٨).

ونقدم فى جدول (٤-١) أمثلة لحالات تنشيط للنمو النباتى بعد المعاملة ببعض الأنواع البكتيرية والفطرية (فطريات الميكوريزا) للبذور، أو الجذور، أو بيئات الزراعة.

جدول (٤-١): أمثلة لحالات تنشيط للنمو النباتى بعد المعاملة ببعض الأنواع البكتيرية والفطرية للبذور، أو الجذور، أو بيئات الزراعة (عن Whipps ١٩٩٧).

الكائن الدقيق المستخدم	النبات المعامل	تنشيط النمو المشاهد
بكتيريا	لفت الزيت	المساحة الورقية
Arthrobacter citreus		المحصول
Azotobacter	الطماطم	الإنبات
		الوزن الجاف
		طول الجذور والنمو الخضرى
Azotobacter chroococcum	الطماطم	الإنبات
		الوزن الجاف
		طول الجذور والنمو الخضرى
Bacillus subtilis A-13	القطن	النمو النباتى
	الفول السودانى	المحصول
B. subtilis GB03	القطن	المحصول
B. subtilis	البصل	الوزن الجاف للجذور والنمو النباتى
		الارتفاع

تابع جدول (٤-١).

الكائن الدقيق المستخدم	النبات المعامل	تنشيط النمو المشاهد
Pseudomonas spp.	الفاصوليا	وزن الجذور والنمو الخضرى
Pseudomonas putida GR12-2		الإنبات
		الوزن الجاف
	الخيار	وزن الجذور والنمو الخضرى
		الإنبات
		الوزن الجاف
	الـ Guayule	الوزن الجاف
	الخس	الوزن الجاف للجذور والنمو النباتى
		الإنبات
	الكنتالوب	وزن الجذور والنمو الخضرى
		الوزن الجاف
		الإنبات
	الفلفل	وزن الجذور والنمو الخضرى
		الوزن الجاف
	البطاطس	وزن الجذور والنمو الخضرى
		المحصول
	الفجل	الإنبات
		طول الجذور والنمو الخضرى
		الوزن الجاف
		الإنبات
	التبغ	وزن الجذور والنمو الخضرى
		الوزن الجاف
	الطماطم	الإنبات
		طول الجذور والنمو الخضرى
		الوزن الجاف
	القمح	الوزن الجاف للجذور والنمو الخضرى

تابع جدول (٤-١).

الكائن الدقيق المستخدم	النبات المعامل	تنشيط النمو المشاهد
Pseudomonas sp. Ps JN	البطاطس	الإنبات
		تطور النمو النباتى
		محصول الدرنات
Pseudomonas flourescens	لفت الزيت	المساحة الورقية
		المحصول
	الأرز	الارتفاع
	الطماطم	الإنبات
		الوزن الجاف
		طول الجذور والنمو الخضرى
Pseudomonas fluorescens E6	القرنفل	الوزن الطازج للنمو الخضرى
Pseudomonas putida	لفت الزيت	المساحة الورقية
		المحصول
Pseudomonas putida GR12-2	لفت الزيت	طول الجذور
Serratia liquefaciens	لفت الزيت	المساحة الورقية
		المحصول
Streptomyces griseoviridis	الكرنبيات	تطور النمو النباتى
	الخس	تطور النمو النباتى
فطريات		
Rhizoctonia solani (binucleate)	الفلفل	الوزن الجاف للنمو الخضرى
Rhizoctonia solani (non-pathogenic)	الجزر	الوزن الطازج والجاف
	القطن	وزن الألياف
	البطاطس	الوزن الطازج للنمو الخضرى
	الخس	الوزن الطازج والجاف
	القمح	وزن الحبوب والمحصول
	الفجل	الوزن الطازج والجاف

تابع جدول (٤-١).

الكائن الدقيق المستخدم	النبات المعامل	تنشيط النمو المشاهد
Trichoderma spp.	الخس	الوزن الطازج والجاف
	البيتونيا	عدد الأزهار
	التبغ	الإنبات
Trichoderma koningii T8	الطماطم	الوزن الجاف للجذور والنمو الخضرى
	الخيار	الإنبات
Trichoderma harzianum BR105	الطماطم	الوزن الجاف للجذور والنمو الخضرى
		عقد الأزهار
Trichoderma harzianum T-12	الفجل	الوزن الجاف
	الطماطم	الإنبات
		الوزن الطازج والجاف
Trichoderma harzianum T-95	الأقحوان	الوزن الطازج والجاف
	البيتونيا	الوزن الطازج والجاف
	الفجل	الوزن الجاف
	الطماطم	الإنبات
		الوزن الجاف للنمو الخضرى
Trichoderma harzianum T-203	الفاصوليا	الإنبات
	الخيار	الإنبات
	الفلفل	الارتفاع
		الوزن الجاف
		المساحة الورقية
	الفجل	الإنبات
Trichoderma viride	الطماطم	الإنبات
	الخس	الوزن الطازج للنمو الخضرى

ونقدم – فيما يلي – أمثلة لأنواع بكتيرية مختلفة لعبت دورًا في تنشيط النمو النباتي لدى المعاملة بها.

الجنس *Bacillus*:

● أحدثت معاملة الطماطم وكرنب أبو ركبة والجزر ببكتيريا المحيط الجذرى *Bacillus subtilis* زيادة فى محصول الطماطم قدرت بنحو ١٠٪، وفى حجم الجزء المأكول من كرنب أبو ركبة قدرت بنحو ٨٪، بالإضافة إلى إسراع إنبات البذور وزيادة المحصول فى الجزر (Kilian & Raupach ١٩٩٩).

● أدت معاملة جذور الطماطم بالسلالة BS13 من البكتيريا *Bacillus subtilis* إلى زيادة المحصول وحجم الثمار (Mena-Violante & Olade-Portugal ٢٠٠٥).

● أدت معاملة التربة بخليط من نوعين بكتيريين يعيشان فى المحيط الجذرى وينشطا النمو النباتى، هما: *Bacillus subtilis*، و *Bacillus amyloliquefaciens* إلى زيادة محصول الفلفل جوهريًا مقارنة بالمحصول فى النباتات التى لم تعط تلك المعاملة (Herman وآخرون ٢٠٠٨).

الجنس *Pseudomonas*:

● أدت معاملة بذور الخيار بالسلالة G872B من *Gliocladium virens*، أو بالسلالة Pf3 من *Pseudomonas putida*، أو بمخلوط منهما إلى زيادة معدل الإنبات، والنمو الخضرى والجذرى والمحصول، وكانت أكثر المعاملات كفاءة هى بالسلالة G872B أو بمخلوط منها مع السلالة Pf3 (Bae وآخرون ١٩٩٥).

● أدت معاملة بذور الخس والطماطم بالسلالة GR12-2 من البكتيريا *Pseudomonas putida* إلى زيادة طول جذور البادرات، ويعتقد أن ذلك التأثير كان مرده لتثبيط تلك البكتيريا لإنتاج البادرات النامية للإثيلين (Hall وآخرون ١٩٩٦).

الجنس *Rhizobium*:

● وجد أن تلقيح الخس والذرة بالبكتيريا المذيبة للفوسفات *Rhizobium leguminosarum* pv. *phaseoi* (السلالتان P31، و R1) أحدث زيادة معنوية فى النمو النباتى، كان مردها إلى

إذابة تلك البكتيريا — التى لا يمكنها المعيشة تعاونيًا مع جذور غير البقوليات — لعنصر الفوسفور فى المحيط الجذرى للنباتات (Chabot وآخرون ١٩٩٦).

الجنس *Klebsiella*:

● وجد أن السلالة TSKhA-91 من البكتيريا *Klebsiella planticola* — التى عُزلت من المحيط الجذرى لبعض الخضر — تتكاثر باستمرار، وتبقى ملتصقة بثبات بالجذور، وتسود فى المحيط الجذرى للخضر طوال فترة النمو النباتى. ولهذه السلالة قدرة عالية على تثبيت آزوت الهواء الجوى، وتقوم بتمثيل مضادات حيوية ومنشطات نمو، وتكون محاصيل الخضر التى تلقح بها أعلى إنتاجية (Temtsev ١٩٩٤).

الجنس *Entrobacter*:

● وجد أن بكتيريا المحيط الجذرى *Entrobacter cloacae* (السلالة CAL3) تؤدى — حين تواجدها فى المحيط الجذرى للطماطم والفلفل — إلى تحفيز النمو، حتى مع التسميد بمحلول مغذٍ. وقد تطلب هذا التأثير المحفز تواجد الخلايا البكتيرية وهى حية (Mayak وآخرون ٢٠٠١).

أجناس بكتيرية أخرى:

● وجد أن تلقيح بيئة زراعة الفاصوليا بالسلالة SAOCV2 من البكتيريا *Burkholderia cepacia* التى تقوم بإذابة الفوسفور غير العضوى وتضاد الفطرين *Fusarium oxysporium* f. sp. *phaseoli*، و *F. solani*، أن ذلك أدى إلى زيادة مستوى الفوسفور فى النباتات بنسبة ٤٤٪، وإلى زيادة محتواها من النيتروجين، مع زيادة أعداد العقد الجذرية التى تكونت بجذورها (Peix وآخرون ٢٠٠١).

● أدى تلقيح بيئة نمو شتلات الفلفل بالبكتيريا *Sinorhizobium* sp. إلى زيادة طول الشتلات ووزنها الجاف عما فى معاملة الكنترول (Russo ٢٠٠٦).

● استفادت نباتات الـ *Vigna mungo* (وهى الـ: black gram) من التلقيح باثنتين من

الـ hypersaline cyanobacterium، هما: *Phormidium tenue*، و *Bradyrhizobium* sp.، فى صورة زيادة فى النمو لم تكن أقل من تلك التى صاحبت التسميد العضوى (سبلة الماشية)، أو الكيميائى (اليوريا) (Karthikeyan وآخرون ٢٠٠٨).

الخمائر

تبين وجود عدة أنواع من الخمائر فى المحيط الجذرى للطماطم والبطاطس والفلفل والخيار تتبع الأجناس:

Candida	*Rhodotorula*	*Torulopsis*
Debaryomyces	*Cryptococcus*	*Saccharomyces*
Lipomyces		

وقد كان أكثرها تواجدًا الجنس *Rhodotorula*.

وأدى تلقيح جذور الطماطم بمخلوط من تلك الخمائر إلى إحداث زيادة جوهرية فى كل من وزن الثمار ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، والمحصول الكلى (Abd El-Hafaz & Shehata ٢٠٠١).

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.

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: ١,٥ مولاس: ١,٥ EM بالحجم.

يجب أن تتوفر شروط معينة فى الماء الذى يستخدم عند تحضير 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- ألا يحتوى الماء على أى فلورين، وهو الذى يوقف أى نشاط إنزيمى حتى ولو كان بتركيز جزء واحد فى المليون.

٣- ألا 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 تداؤبيًا 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 بيولوجيًا، 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، و ١٢٠٠ 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 البيولوجي لكائنات التربة الدقيقة، وزيادة نشاط الكائنات الدقيقة الأخرى التي توجد بالـ EM.

يؤدي تواجد ونشاط تلك البكتيريا إلى زيادة نشاط الميكوريزا (VAM) في المحيط الجذري بسبب توفيرها للمركبات النيتروجينة (الأحماض الأمينية) لاستعمال الميكوريزا، وهي التي تنتج كإفراز للـ phototrophic bacteria. وتؤدي زيادة نشاط الميكوريزا إلى زيادة تيسر الفوسفور في التربة. ويمكن للميكوريزا أن تتواجد مع بكتيريا الآزوتوباكتر Azotobacter كبكتيريا مثبتة لآزوت الهواء الجوي.

٢- بكتيريا حامض اللاكتيك:

تقوم بكتيريا حامض اللاكتيك lactic acid bacteria بإنتاج حامض اللاكتيك من السكريات، وهو الذي يعد معقمًا قويًا، مما يعني تثبيط الكائنات الدقيقة الضارة، كما أنه يؤدي إلى زيادة سرعة تحلل المادة العضوية مثل اللجنين والسيليلوز. ويمكن لبكتيريا حامض اللاكتيك تثبيط تكاثر قطر الفيوزاريم.

٣- الخمائر

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

٤- الأكتينوميسيتات

إن الأكتينوميستات 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.

٥- الفطريات المخمِّرة:

من أمثلة الفطريات المخمِّرة fermenting fungi: الـ *Aspergillus*، والـ *Penicillium*، وهى تحلل المادة العضوية سريعًا، منتجة كحول، وإسترات، ومضادات ميكروبية (Golec وآخرون 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 تهئ 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.

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.

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 بالأكيتنوميستات actinomycetes وبالـ Pseudomonads.

٦- رش نباتات الأسمدة الخضراء 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 حث 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٪، و ٣١٪، و ٢٣٪ 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 جـ، كما أدت تلك المعاملة إلى زيادة معدل البناء الضوئى بالأوراق (Xu وآخرون ٢٠٠٠).

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 تجاريًا 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 ميكروهيزا) — 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".

انتشار الميكوريزا وتطفلها

توجد جراثيم الميكوريزا فى معظم الأراضى، ولكنها لا تنبت إلا عند تواجدها بالقرب من جذور عائل مناسب لها. وإذا لم يخترق الميسيليوم الحديث التكوين جذرًا لأحد العوائل المناسبة فإنه يموت. ولكن ما إن يتصل الفطر بيولوجيًّا بجذر عائله إلا ويكوّن نموًا كثيفًا خارج الجذر (عن White ١٩٨٧).

هذا .. ولا يوجد تخصص يذكر من جانب الفطر للمعيشة تعاونيًّا مع عوائل معينة، بعكس الحال بين بكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى — من جنس *Rhizobium* — والبقوليات.

وبالرغم من توفر الميكوريزا فى جميع أنواع الأراضى، إلا أنها تتفاوت كثيرًا فى كفاءة أجناسها، وأنواعها، وسلالاتها؛ لذا .. يتعين تلقيح التربة أو النباتات بالأنواع والسلالات العالية الكفاءة منها.

ولقد لوحظ أن فطر الميكوريزا *Glomus deserticola* يبدأ فى تكوين علاقة تبادل المنفعة مع جذور البصل بعد ثلاثة أيام من تلقيح النباتات بالفطر، ويستكمل الفطر توطيد علاقته مع نحو ٥٠٪ من النمو الجذرى بعد ٢١ يومًا. وبالمقارنة .. فإن بداية تكوين الفطرين *G. mosseae*، و *G. intraradices* لعلاقتهما بجذور البصل تتأخر إلى اليوم

الثانى عشر من التلقيح بالفطر، وتصل إلى ١٥٪، و ٣٧٪ فى اليوم الحادى والعشرين — فى الفطرين — على التوالى.

وبينما حسّنت فطريات الميكوريزا نمو البصل فى التربة المعقمة — عندما كان تلقيح التربة بالفطر تحت البذور — فإنها لم تحفز النمو النباتى فى التربة غير المعقمة.

ولا يمكن للميكوريزا (الـ VAM) أن تشكل علاقة مع جذور بعض النباتات، مثل أنواع العائلتين الرمرامية والصليبية، ربما بسبب محتوى إفرازات جذورها، وما قد يوجد بها من سموم للميكوريزا، وربما بسبب زيادة تفاعلاتها الدفاعية ضد استعمار الميكوريزا لجذورها.

تقسيم الميكوريزا

توجد الميكوريزا فى الطبيعة فى ثلاثة طرز؛ كما يلى:

١- ميكوريزا داخلية Endomycorrhizae:

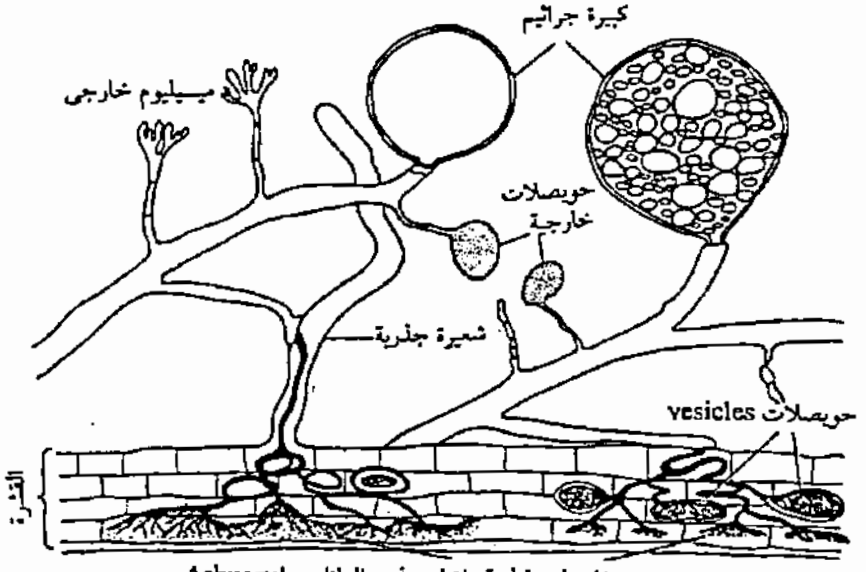
تعد الميكوريزا الداخلية أكثر طرز الميكوريزا شيوعًا فى الطبيعة، وفيها تمتد الهيفات الفطرية من التربة إلى خلايا القشرة بجذور النباتات منتجة تراكيب داخلية تعرف باسم vesicles — وهى حويصلات تخزين — وتراكيب أخرى تعرف باسم arbuscles — وهى تراكيب شديدة التفرع توجد داخل الجذور النباتية — وهى التى تقوم بمهمة تبادل العناصر الغذائية بين الفطر والنبات؛ وذلك هو الطراز الذى يعرف باسم Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae (شكل ٤-٢).

إن الـ Arbuscules عبارة عن تراكيب تتكون داخل الخلايا النباتية — تشبه المصات — وتنشأ بتكرار الانقسام الثنائى الشعبة لهيفات الفطر. وهى تراكيب يمكن مشاهدتها بالميكروسكوب الضوئى. ولا تُعمِّر طويلاً، حيث تبقى لفترة تتراوح بين أسبوع واحد وثلاثة أسابيع.

٢- ميكوريزا خارجية Ectomycorrhizae:

تكوّن فطريات الميكوريزا الخارجية نموًا كثيفًا يغطى جذور النباتات بسمك ٠,٠٥مم،

وتغزو المسافات بين خلايا القشرة، مكونة شبكة تعرف باسم Hartig Net، ولكنها لا تختـرق خـلايا النبات العائل. وعند تواجـد هذه الفطريات وارتباطها بالعائل تختفى الشعيرات الجذرية تمامًا؛ حيث تقوم بعملها الهيفات الفطرية (عن Nadakavukaren & McCracken ١٩٨٥).



تفرعات فطرية داخل جذور العائل Arbuscules

شكل (٤-٢) نمو الـ Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae خارج وداخل خلايا العائل (عن White ١٩٨٧).

تتعايش هذه الفطريات بكثرة مع جذور الأشجار؛ مثل الصنوبريات، والكافور، والحور وغيرها، وتلعب دورًا كبيرًا فى امتصاص العناصر الغذائية من التربة وتوفيرها للنبات.

٣- ميكوريزا خارجية داخلية Ectendomychorrhizae:

وفيها يظُهر الفطر جانبًا من صفات كلّ من الميكوريزا الداخلية والخارجية معًا.

وقد بنى التقسيم السابق للميكوريزا على أساس قدرة الفطر على اختراق خلايا العائل، وتكوين مختلف التراكيب.

وبناء على تقسيم أحدث من التقسيم المتقدم، فإن الميكوريزا تُقسم إلى سبعة طرز، هى:

Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae

Ectomycorrhizae

Ectendomycorrhizae

Arbutoid Mycorrhizae

Eriicoid Mycorrhizae

Monotropid Mycorrhizae

Orchid Mycorrhizae

وتعد الـ Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae (اختصارًا: VAM) الطراز الوحيد المعروف فى محاصيل الخضر؛ وهى تتميز بجميع صفات الميكوريزا الداخلية التى سبق بيانها فى التقسيم السابق.

ويعنى بالـ VAM – كما أسلفنا – "العلاقات الميكوريزية التى تنشأ بين فطريات طحلبية Phycomycestes من عائلة Endogonaceae والنباتات".

وتنتمى فطريات الـ VAM إلى خمس أجناس، هى: *Acaulospora*، و *Entro-phospora*، و *Gigaspora*، و *Glomus*، و *Sclerocystis* (عن Miller وآخرين ١٩٨٦).

أهمية الميكوريزا

لوحظت علاقة تبادل المنفعة بين فطريات الميكوريزا ومعظم النباتات الراقية (وحتى بعض النباتات الدنيئة)؛ بما فى ذلك معظم الخضر – ما عدا الصليبيات والرمراميات – إلى درجة أن بعض الخضر لا يمكنها النمو بصورة طبيعية فى غياب الميكوريزا. ومن أكثر الخضر اعتمادًا على الميكوريزا فى نموها: البصل (الذى لا تحتوى جذوره على كثير من الشعيرات الجذرية)، والطماطم، والبطاطس، واللوبيا، والذرة السكرية، وفول الصويا.

يقوم النبات بتوفير المواد الكربوهيدراتية — وربما الفيتامينات — للفطريات، بينما يستفيد النبات — بدوره — من هذه الفطريات؛ إذ إنها تعمل على:

١- زيادة معدل امتصاص العناصر من التربة — سواء أكانت فى صورة ميسرة، أم غير ميسرة لامتصاص النبات — ثم نقلها إلى النبات، وخاصة عناصر: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والكبريت، والزنك، والنحاس، والموليبدنم.

٢- زيادة مقاومة النباتات للأمراض؛ فقد وجد — مثلاً — أن فطر الميكوريزا *Glomus fasciculatum* أحْدَثَ تراكمًا للفيتوألاكسينات Phytoalexins (وهى مركبات توقف أو تثبط نمو مسببات الأمراض فى الأنسجة المصابة)، فى جذور البسلة؛ مما أدى إلى مقاومتها للفطر *Fusarium oxysporum* مسبب مرض الذبول الفيوزارى.

٣- زيادة تحمل النباتات لظروف الملوحة والجفاف.

٤- زيادة قدرة البقوليات على تثبيت آزوت الهواء الجوى (عن Miller وآخرين ١٩٨٦، و Sundaresan & Gunasekaran ١٩٩٣).

٥- إفراز بعض منظمات النمو التى تحفز النمو النباتى.

٦- توفير حماية للنباتات من التسمم بالتركيزات العالية من العناصر المغذية الضرورية بما تفرزه من مركبات قد تكوّن تراكيب معقدة من تلك العناصر وتجعلها غير ميسرة للنبات.

وتزداد أهمية الميكوريزا للنباتات فى الأراضى الفقيرة عنها فى الأراضى الخصبة، وخاصة فى المناطق الاستوائية.

إن فطريات الميكوريزا (VAM) تُحسِّن النمو النباتى من خلال زيادة امتصاص النباتات للفوسفور، وخفض الأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة، وزيادة قدرة النمو النباتى والبقاء، وتقليل أضرار الشتلات. ويوجد حد أدنى لعدد جراثيم الميكوريزا التى تجب إضافتها لكل نبات، وقد قدر هذا العدد فى الفراولة بنحو ٧٥٠ جرثومة من الفطر *Glomus intraradices* (De Silva وآخرون ١٩٩٦).

أهمية الميكوريزا فى توفير العناصر الضرورية للنبات وتحسين النمو والحصول

إن الهيفات الخارجية التى تغطى الجذور توفر زيادة فى حيز التربة الذى تُمتص منه العناصر. كما أن ميسيلوم الفطر يقوم بتخزين الفوسفور فى أنسجته إلى أن يحصل عليه النبات عند نقص العنصر. هذا بالإضافة إلى أن الجذور التى تكون على اتصال بالميكوريزا تعيش لفترة أطول، وتستمر فى امتصاص الفوسفور لفترة أطول إذا قورنت بالجذور التى ليست على اتصال بالميكوريزا.

ويمكن لفطريات الميكوريزا الحصول على الفوسفور من مصادر عضوية غير ميسرة لامتصاص النبات؛ فمثلاً .. استجابت نباتات الطماطم – المتصلة بفطر الميكوريزا – جيدًا للتسميد بكميات ضئيلة من مسحوق العظام غير الذائب نسبيًا. ولم تحدث استجابات مماثلة لنباتات الطماطم – غير المتصلة بفطر الميكوريزا – إلا بعد إضافة كميات من مسحوق العظام بلغت ١٦ ضعف الكمية السابقة.

ويبدو أن هيفات الفطر تلعب دورًا نشطًا – يعتمد على بذل الطاقة – فى امتصاص الفوسفور من التربة (عن Miller وآخرين ١٩٨٦).

ويتفق العلماء المشتغلون بالميكوريزا Mycorrhizasts على أن الزيادة فى النمو النباتى التى تلاحظ على النباتات التى تعيش تعاونيًا مع فطريات الميكوريزا مردها إلى توفر الفوسفور للنباتات.

وتفرز الكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة إنزيمات تساعد على تحلل المواد العضوية وتيسر ما يوجد فيها من عناصر؛ مثل عنصر الفوسفور الذى يتيسر منها بفعل إنزيم Phosphatase. كما أن الميكوريزا تفرز كذلك "جزيئات حاملة carrier molecules" تكوّن معقدات مع مختلف الذرات أو الجزيئات؛ فيكون من السهل على النباتات امتصاصها (عن Chrispeels & Sadava ١٩٩٤).

وللميكوريزا أهمية خاصة بالنسبة لأشجار الغابات؛ حيث توفر لها معظم احتياجاتها من العناصر المغذية من صور تلك العناصر غير الميسرة لامتصاص النبات التى توجد فى

التربة. ولا يمكن لبعض الأنواع النباتية — مثل الصنوبريات — النمو فى غياب الميكوريزا. وعند زراعة هذه الأشجار فى أرضٍ جديدة — لم تكن مزروعة بالصنوبريات من قبل — يتعين تلقيحها بميكوريزا من أرضٍ تنمو فيها صنوبريات.

وقد أثبتت دراسات Babu وآخرون (١٩٨٨) على الفلفل أن عدوى النباتات فى المشتل بأى من فطريات الميكوريزا *Gigaspora calospora*، أو *Gigaspora margarita*، أو *Glomus fasciculatum* يمكن أن تؤدى إلى الاستغناء عن ٥٠٪-٧٥٪ من الأسمدة الفوسفاتية الموصى بها.

وتوجد علاقة سالبة بين كمية الفوسفور الميسرة لاستعمال النبات فى التربة ومدى قدرة فطريات الميكوريزا على توطيد علاقتها البيولوجية بالنبات (White ١٩٨٧).

فمثلاً .. وجد Waterer & Coltman (١٩٨٨) أن زيادة مستوى الفوسفور الميسر لبادرات الطماطم والبصل — إما بزيادة توفير الفوسفور، وإما بتقليص الفترة بين إضافات الفوسفور — أدت إلى زيادة الوزن الطازج للنباتات، وتركيز الفوسفور بالنمو الخضرى، ولكنها أثرت — سلبًا — فى إصابة الجذور بفطر الميكوريزا *Glomus aggregatum*. كما أن العدوى بالفطر أنقصت الوزن الطازج للنمو الخضرى للطماطم عندما كان مستوى توفر الفوسفور عاليًا.

وربما يُفسّر هذا المسلك لفطريات الميكوريزا تعرض النباتات المسمدة جيدًا بالفوسفور فى الأراضى القلوية — لنقص عنصر الزنك والنحاس؛ حيث لا تتوفر حينئذٍ — مع التسميد الفوسفاتى الجيد — الميكوريزا التى يمكنها توفير الزنك والنحاس للنباتات (عن White ١٩٨٧).

وقد أجرى Khasa وآخرون (١٩٩٢) دراسة على ١٩ نوعًا نباتيًا من الأنواع المزروعة فى زائير، تبين منها استجابة جميع الأنواع — ما عدا القطيفة amaranth — للتلقيح بالميكوريزا الداخلية Endomycorrhizal fungi تحت ظروف الحقل. واعتمد النمو الطبيعى لثمانية أنواع منها — بشدة — على تواجد الميكوريزا، وقد تضمنت القائمة —

من محاصيل الخضر — فاصوليا اليام الأفريقية *Sphenostylis stenocarpa*، وفاصوليا المنج *Vinga vexillata*، والبصل، والبطاطا، والطماطم، والكاسافا.

وتؤكد دراسات Azcón-Aguilar وآخرون (١٩٩٣) تساوى محصول نباتات البصل الملقحة بفطر الميكوريزا *Glomus fasciculatum* وغير المسمدة بالفوسفور مع تلك التى لم تلقح بالفطر، ولكنها حصلت على مستوى معين من السماد الفوسفاتى. وإلى جانب ذلك .. كان تركيز النيتروجين ومحتواه فى النموات الخضرية للنباتات الملقحة بالميكوريزا أكثر مما فى النباتات غير الملقحة والمسمدة بالفوسفور. وقد استنتج الباحثون أن فطريات الميكوريزا قادرة على الاستفادة من النيتروجين المتوفر فى مصادر أقل تيسرًا للنباتات.

كما أكدت دراسات Tobar وآخرون (١٩٩٤) على الخس أن فطرى الميكوريزا *Glomus mosseae*، و *G. fasciculatum* يعملان على زيادة قدرة النبات على امتصاص النيتروجين والفوسفور فى ظروف الجفاف.

كذلك وجد Martensson & Rydberg (١٩٩٤) اختلافًا بين أصناف البسلة فى استجابتها للفطرين *Glomus fasiculatum*، و *G. caledonium*؛ حيث وجدت علاقة سالبة بين معدل الإصابة بأى من الفطرين وطول الجذور.

وكان الارتباط واضحًا بين الإصابة وكلٍّ من امتصاص النباتات للنيتروجين فى المراحل المبكرة للنمو (وليس فى المراحل المتأخرة)، وامتصاصها للفوسفور فى المراحل المتأخرة للنمو (وليس فى المراحل المبكرة).

وقد أدت معاملة جذور الخيار بالميكوريزا إلى زيادة معدل البناء الضوئى للأوراق، وارتبطت تلك الزيادة بزيادة محتوى الأوراق من عنصر الفوسفور، وليس لأن الميكوريزا أصبحت مستودعًا للغذاء المجهز (Black وآخرون ٢٠٠٠).

وأدت معاملة بيئة إنتاج شتلات الخيار والفلفل بفطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum* إلى إحداث زيادة كبيرة معنوية فى نمو الشتلات، تمثلت — عندما كانت

الشتلات جاهزة للشتل وهى بعمر ١٨، و ٣٠ يومًا من الزراعة لكل من الخيار والفلفل – على التوالى – فى ٢٣,٨٪، و ١٧,٢٪ زيادة فى ارتفاع الشتلات، و ٩٦,١٪، و ٥٠٪ زيادة فى المساحة الورقية للشتلات، و ٢٤,٧٪، ٢٨,٦٪ فى الوزن الجاف للشتلات. وقد نمت تلك الشتلات بقوة أكبر، وكان محتواها من الكلوروفيل أعلى مما فى شتلات الكنترول. وعندما شُتلت بادرات الخيار فى صوبة تجارية كانت النباتات أكثر مقاومة للذبول الطرى الذى تسببه فطريات الـ *Pythium* spp.، و *Rhizoctonia solani* (Inbar وآخرون ١٩٩٤).

كما أدت المعاملة بالميكوريزا *Glomus intraradices* إلى إحداث تحسن واضح فى النمو النباتى للمحاصيل التى عوملت بها، والتى شملت الخس، والفراولة، والهندباء (Di Bonito وآخرون ١٩٩٥).

كذلك حققت المعاملة بفطريات الميكوريزا (VAM) زيادة فى المحصول قدرت بنحو ٧٠٪ فى البصل، و ٤٨٪ فى البطاطس، و ٣٠٪ فى الثوم، علمًا بأن استعمار الميكوريزا للجذور بلغ فى تلك الدراسة ٨٥٪ فى البصل، و ٦٥٪ فى كل من البطاطس والثوم (Gaur & Adholeya ٢٠٠٠).

وأدى تلقيح التربة بفطرى الميكوريزا *Trichoderma harzianum*، و *T. viride* إلى تحسين نمو البصل ووزنه الطازج جوهريًّا، ولكن التلقيح لم يكن مؤثرًا بصورة جوهرية فى مكافحة الفطر *Sclerotium cepivorum* المسبب للعفن الأبيض (Payhami وآخرون ٢٠٠١).

أهمية الميكوريزا فى تحمل النباتات للملوحة والجفاف

درس Rosendahl & Rosendahl (١٩٩١) تأثير سلالات من الفطر *Glomus* spp. فى قدرة نباتات الخيار على تحمل الملوحة (٠,١ مللى مول من كلوريد الصوديوم)، ووجدا أن سلالتين منها كانتا قادرتين على حماية النباتات من أضرار الملوحة، ولكن ذلك التأثير لم يكن مرتبطًا بالتأثير المحفز لتلك السلالات على النمو الخضرى لنباتات الخيار.

وأدت الميكوريزا المتحصل عليها من الأراضى غير الملحية إلى تحسين نمو نباتات الطماطم، بينما أدت تلك المتحصل عليها من الأراضى الملحية إلى إضعاف النمو النباتى الجذرى والخضرى على الرغم من خفضها لمستوى الكلورين فى الأوراق فى المستويات المتوسطة من الملوحة؛ مما يعنى احتمال أن يكون لها دور فى تحمل النباتات للملوحة تحت تلك الظروف (Copeman وآخرون ١٩٩٦).

وتفيد معاملة نباتات الخس بفطرى الميكوريزا *Glomus desertícola*، و *G. fasciculatum* فى جعلها أكثر تحملاً لظروف الجاف، ويعتقد أن ذلك التأثير للميكوريزا كان مرده إلى خفضها للنقص الذى أحدثته حالة الجفاف فى نشاط الإنزيم nitrate reductase فى النباتات (Ruiz-Lozano & Azcón ١٩٩٦).

كذلك أدت معاملة الخس بنفس الفطرين (*Glomus mosseae*، و *G. fasciculatum*) إلى زيادة تحمله لملوحة التربة، وبدا أن ذلك التأثير للميكوريزا مرده إلى زيادتها لمعدل العمليات الفسيولوجية فى النباتات، مثل: معدل تبادل ثانى أكسيد الكربون، والنتح، وتوصيل الثغور، وكفاءة استخدام الماء، وليس إلى تحسين امتصاص العناصر مثل النيتروجين، والفوسفور (Rùiz-Lozano وآخرون ١٩٩٦).

وتبين من دراسات أجريت على تلقيح جذور شتلات الخس والبصل بفطريات ميكوريزا قبل شتلها فى أرض ملحية تباينت شدة ملوحتها بين ٢ ديسى سمينز/م (الكنترول) إلى ١٢ ديسى سيمنز/م أن ذلك التلقيح أحدث زيادة جوهرية فى نمو المحصولين مع زيادة فى محتوى الأوراق من الكلوروفيل فى كل مستويات الملوحة، بينما تقزمت نباتات البصل غير الملقحة بالميكوريزا بسبب تعرضها لنقص الفوسفور. ولم تكن عزلات الميكوريزا المتحصل عليها من أرض ملحية أكثر كفاءة فى تقليل أضرار الملوحة عن تلك التى حُصِلَ عليها من أرض غير ملحية. هذا .. إلا أن درجة استعمار الميكوريزا لجذور الخس والبصل انخفضت بزيادة ملوحة التربة (Cantrell & Linderman ٢٠٠١).

طرق التلقيح بفطريات الميكوريزا

تتوفر حاليًا طريقتان للتلقيح بفطريات الميكوريزا؛ هما: استعمال الجذور المصابة بالفطر، واستعمال التربة التى توجد بها الجراثيم الكلاميدوسبورية للفطر بمعدل نحو ١٠ جم منها لكل نبات. وتعد الطريقة الأولى أكثر كفاءة فى إحداث الإصابة بالفطر.

ويمكن إضافة الملقّح بعدة طرق؛ فالخضر التى تزرع فى المشتل أولاً يمكن تلقيحها بسهولة قبل نقلها إلى الحقل الدائم. أما الخضر التى تزرع مباشرة فى الحقل الدائم فإنها تلقح عن طريق البذور، أو بإضافة الملقح إلى التربة عند زراعة البذور، وقد ينثر الملقح على سطح التربة بعد خلطه بالحبوب الصغيرة، ولكنها طريقة قليلة الكفاءة وغير عملية.

وقد يمكن إضافة الملقّح عند زراعة البذور وهى محمولة فى سوائل، ولكن هذه الطريقة لم تُطور بعد.

ويتطلب نجاح التلقيح عدم وجود أية منافسة من الكائنات الدقيقة الأخرى على جذور النباتات — فى التربة المحيطة بالجذور rhizosphere soil — بعد التلقيح بالفطر، مع عدم وجود آثار متبقية للمبيدات التى سبق استخدامها فى التربة.

إن فطريات الـ VAM لا تعيش إلا لفترات قصيرة عند تخزينها أو نقلها من مكان إلى آخر. ويمكن زيادة قدرتها التخزينية، ولكن ذلك قد يقلل كثيرًا من قدرتها على تكوين علاقة بيولوجية مع النبات.

كما أنه من الضرورى إعادة زراعة فطريات الـ VAM — مع النباتات — فى أصص لتجديد المزارع.

ومقارنة بالنباتات المعمرة .. فإن محاصيل الخضر — وهى محاصيل قصيرة العمر — قد لا يناسبها العدوى بفطريات الـ VAM — لأسباب اقتصادية — باستثناء الحالات التى تستجيب فيها الخضر كثيرًا للعدوى بالـ VAM (عن Miller وآخرون ١٩٦٨).

العوامل المؤثرة فى قدرة فطريات الميكوريزا على الاتصال بيولوجياً بالنباتات

تتأثر قدرة فطريات الميكوريزا على الاتصال بيولوجيًا بالنباتات بالعوامل التالية:

١- النوع النباتى .. حيث تفشل بعض الخضر – مثل الصليبيات والبرساميات – فى تكوين علاقة بيولوجية مع فطريات الـ VAM. ويبدو أن النباتات ذات الجذور القليلة السميكة غير المتفرعة – كما فى البصل والموالح – تكون أكثر اعتمادًا على فطريات الميكوريزا من النباتات ذات الجذور الكثيرة الدقيقة والشعيرات الجذرية الطويلة.

٢- الصنف .. حيث يدل عديد من الدراسات على وجود تباينات كثيرة بين أصناف النوع الواحد فى قدرتها على تكوين علاقات وثيقة مع فطريات الميكوريزا. ويعد ذلك نوعًا من التفضيل preference بين العوائل والفطر، وليس تخصصًا specialization لفطريات معينة على عوائل معينة.

٣- التباينات بين أنواع وسلالات فطريات الميكوريزا من حيث كفاءتها فى تكوين علاقة تبادل منفعة قوية مع النباتات.

٤- خصوبة التربة والتسميد:

يؤدى توفير الفوسفور للنباتات – وسواء أكان ذلك عن طريق التربة، أم عن طريق النموات الخضرية – إلى إضعاف العلاقة البيولوجية بينها وبين فطريات الميكوريزا.

كما يؤدى التسميد الآزوتى الجيد – كذلك – إلى إضعاف نمو وتجرثم فطريات الميكوريزا.

وتقل كفاءة فطريات الـ VAM فى تكوين علاقة تبادل منفعة مع النباتات فى الأراضى الخصبة بصورة عامة، كما فى معظم الأراضى الزراعية.

٥- درجة الحرارة:

تزداد قدرة فطريات الـ VAM على تكوين علاقة تبادل المنفعة – مع النباتات – مع ارتفاع درجة الحرارة إلى ٣٠°م.

٦- شدة الإضاءة:

تزداد صلة تبادل المنفعة (بين فطريات الـ VAM والنباتات) قوة مع زيادة شدة الإضاءة؛ حيث يزداد معدل البناء الضوئى اللازم لمواجهة احتياجات القطر من الغذاء المجهز.

وقد وجد أن تكوين الفاصوليا لعلاقات تبادل المنفعة مع كل من فطريات الميكوريزا وبكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى معًا – مقارنة بالتعايش مع بكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى فقط – أدى إلى زيادة فى كلٍّ من النمو، وتكوين العقد الجذرية، ومعدل تثبيت آزوت الهواء الجوى، ومحتوى العقد والنباتات من كلٍّ من الـ leghemoglobin، والفوسفور، والبروتين الكلى. كما حُصِلَ على نتائج مائلة لتلك النتائج فى اللوبيا.

هذا .. إلا أنه لم تتحقق تلك الاستفادة من تواجد فطريات الميكوريزا وبكتيريا الرايزوبيم – معًا – إلا عندما كانت الإضاءة قوية، حيث تمكنت النباتات البقولية من الارتفاع بمعدلات البناء الضوئى لمواجهة احتياجات كلا الكائنين المتعايشين معًا تعاونيًّا (عن Miller وآخرين ١٩٨٦).

وفى دراسة أجريت على الميكوريزا (VAM) فى الخس وجد ما يلى:

١- انخفض استعمار فطريات الميكوريزا مع زيادة استعمال المبيدات والأسمدة الكيميائية الفوسفاتية والنيتروجينية.

٢- ارتبط استعمار فطريات الميكوريزا لجذور الخس إيجابيًّا مع إضافة المواد العضوية للتربة، وتواجد عوائل أخرى للميكوريزا فى الدورة، ومع زيادة نسب الكربون إلى الفوسفور، والكربون إلى النيتروجين فى التربة.

٣- ارتبطت أعداد جراثيم الـ VAM فى التربة بقوة مع عدد العوائل الأخرى فى الدورة، ومع تواجد العوائل من الحشائش، بينما ارتبطت أعداد الجراثيم سلبيًّا بزيادة محتوى التربة الكلى من النيتروجين والكربون والفوسفور، وكذلك مع زيادة السعة التبادلية الكاتيونية (Miller & Jackson ١٩٩٨).

ومن المعروف أن نمو الميكوريزا يُثبَّط فى مخاليط الزراعة التى تحتوى على نسب مختلفة من البيت موس. وكان يعتقد بأن مرد ذلك هو احتواء تلك المخاليط على تركيزات عالية من الفوسفور، الذى يثبط المعيشة التعاونية بين الميكوريزا وأنسجة الجذور، ولكن أقترح – كذلك – أن البيت ربما يُسهم فى هذا التثبيط. وفى دراسة استخدم فيها نوعا الميكوريزا *Glomus deserticola*، و *Gigaspora rosea*، وجد أن استخدام مصادر مختلفة للبيت يمكن أن يثبط أو يحفز نمو الميكوريزا بدرجات مختلفة للنوعين المختبرين (Linderman & Davis ٢٠٠٣).

وكما أسلفنا .. فإن العناصر الغذائية المتوفرة فى التربة تلعب دورًا هامًا فى نشاط الميكوريزا واستعمارها لجذور النباتات. ونلقى – فيما يلى – مزيدًا من الضوء على هذا الموضوع:

● إن مستوى توفر العناصر المغذية للنبات قد يثبط استعمار الميكوريزا للجذور أو يحفزه. فمثلاً .. ينخفض استعمار الميكوريزا للجذور عندما يكون مستوى الفوسفور شديد الانخفاض، حيث قد يؤدى النقص الشديد للفوسفور إلى الحد من نمو الفطر ذاته، ومع زيادة مستوى الفوسفور، يزداد كل من النمو الجذرى، ونسبة الجذور التى يستعمرها الفطر إلى أن يصل مستوى الفوسفور إلى الحد الأمثل، حيث ينخفض بعدها معدل استعمار الميكوريزا للجذور بدرجات متفاوتة تختلف باختلاف نوع الميكوريزا، والنوع المحصولى.

● كذلك تؤدى زيادة توفر النيتروجين إلى خفض معدل الإصابة بالميكوريزا، وخاصة إذا ما اقترن ذلك بزيادة فى مستوى الفوسفور، وعندما يكون توفر النيتروجين على صورة أمونيوم. ويعتقد أن النقص فى نسبة الجذور التى تستعمرها الميكوريزا تحت هذه الظروف يكون مرده إلى زيادة معدل نمو الجذور عما يمكن لنمو الميكوريزا أن يواكبه (Marschner ١٩٩٥).

● وقد استعمرت الميكوريزا *Glomus intraradices* جذور الخيار فى مستويات مختلفة من التسميد الآزوتى، ولكن العلاقة بين الفطر والجذور كانت أقوى ما يمكن فى

المستوى المنخفض من النيتروجين، وأوضحت الدراسة أن مرد ذلك كان زيادة امتصاص النيتروجين عن طريق الغزل الفطرى الخارجى (Johansen وآخرون ١٩٩٤).

● ويعد توفر الكالسيوم – وعدم تنافس المغنيسيوم معه على الامتصاص – ضروريًا لاستعمار الميكوريزا للجذور بصورة جيدة (Jastefer وآخرون ١٩٩٨).

● ويعتقد بأن الميكوريزا (الـ VAM) ربما تُحور أيض الفينولات فى الجذور؛ مما يعوق إنتاج الإثيلين وقدرة الجذور على إنفاذ استجابة دفاعية ضد الميكوريزا. وربما يؤدى توفير الفوسفور من مصادر غير حيوية إلى تجديد قدرة الجذور جزئيًا على إنتاج الإثيلين، الأمر الذى قد يُزيد من مقاومتها للميكوريزا (McArthur & Knowles ١٩٩٢).

مستخلصات الطحالب البحرية

يمكن استعمال مستخلصات الطحالب البحرية كمغذيات، كما يُعتقد بأنها توفر للنبات منظمات نمو طبيعية مثل السيتوكينينات والأوكسينات، ومحفزات نمو بيولوجية أخرى، مثل البيتينات betaines، والبولى أمينات polyamines، وقليلات التسكر oligosaccharides التى يمكن أن تُحسِّن المقاومة النباتية أو التحمل لظروف الشدِّ البيئى، والأمراض والحشرات. لكن لا يجب استخدام المستخلصات منفردة، وإنما كإضافة لبرامج الخدمة المحصولية العادية (Norrie & Hiltz ١٩٩٩).

تتباين كثيرًا مستخلصات الطحالب البحرية فى محتواها، ولكنها قد تحتوى على ١٪ حديد، و ٠,٥٪ زنك، و ٠,٥٪ منجنيز، و ٨٪ مادة عضوية، و ١٣٪ خلاصة حامض الهيوميك.

إن الطحالب البنية غنية بالسيتوكينين الذى يحفز إنتاج مضادات الأكسدة، التى توفر – بدورها الحماية للنباتات من بعض الظروف البيئية القاسية، فضلاً عن تنشيط السيتوكينين ذاته للنمو الجذرى والخضرى، وتحفيزه لعملية البناء الضوئى، وتأخيره للشيخوخة (O'Dell ٢٠٠٣).

وقد قام Vavrina وآخرون (٢٠٠٤) باختبار تأثير عدد من المنتجات التجارية التي تُسوَّق على أنها مستحثات للمقاومة الجهازية وللنمو النباتي على نباتات الطماطم، وتبين من تلك الدراسة أن المعاملة بالتحضير التجاري Keyplex 350DP plus Nutri-Phite أحدثت زيادة في النمو مقدارها ١٤,٣٪، وتحسين في حالة الجذور — مقارنة بمعاملة الكنترول — بعد تعرض النباتات للإصابة بالنيماتودا.

وتبين من دراسة أجريت على فاصوليا تبارى (*Phaseolus acutifolius*) رُشت فيها النباتات بمستخلص الطحلب البحرى البنى *Eclonia maxima* أن المعاملة أدت إلى زيادة وزن البذور — خاصة تحت ظروف الشدّ الغذائي — وأن المستخلص لم يكن — فقط — مغذيًا، وإنما كان — كذلك — منشطًا بيولوجيًا (Beckett وآخرون ١٩٩٤).

كما أدت معاملة الطماطم والفاصوليا — وكذلك القمح والذرة والشعير — بمستخلص الطحلب البحرى *Ascophyllium nodosum* رشًا على الأوراق أو بالإضافة إلى التربة إلى زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل. وقد تبين أن ذلك التأثير للمستخلص كان مرده إلى محتواه من البيتين betaine (Blunden وآخرون ١٩٩٦).

ويستدل من دراسات أجريت على الخس أن التأثير المنشط لإثنين من مستخلصات الطحالب البنية (هما الطحلبان: *Ascophyllum nodosum*، و *Laminaria hyperborca*) مرده إلى ما تحتويه تلك المستخلصات من عنصر البوتاسيوم، وليس إلى أى محتوى عضوى لها من منشطات للنمو (Moller & Smith ١٩٩٨).

وفى المقابل .. فقد أوضحت بعض الدراسات أن المعاملة بمستخلصات الطحالب البحرية ليست دائمًا إيجابية، كما يلى:

● ذُكر أن مستخلصات الطحالب البحرية التي تحتوى على تركيزات عالية من السيتوكينيات تُنشط نمو عديد من الأنواع النباتية، لكن ليس مع كل الأنواع. وقد أوضحت دراسة أجريت على الفاصوليا والطماطم أن المعاملة الأرضية أو رشًا بمستخلص أحد الطحالب البحرية الذى يحتوى على سيتوكينين أدت إلى زيادة قدرة دودة القطن

الصغرى *Spodoptera exigua* على النمو، كما كان للمعاملة — أحيانًا — تأثيرات سلبية على النمو النباتي (Reitz & Trumble ١٩٩٦).

● دُرس تأثير بعض مستخلصات الطحالب البحرية على نمو ومحصول عدد من محاصيل الخضر، كان منها: البسلة والفاصوليا، والبطاطس، والكرنب، والذرة السكرية، والخيار، ولكن لم يتبين وجود تأثير إيجابي لأي من المستخلصات (والتي تضمنت المستخلصين التجاريين Maxicarp، و Micro-Mist، ومستخلص للطحلب *Ascophyllum nodosum*) على أي من الخضر. ليس هذا فقط، بل كان للتركيزات العالية من *A. nodosum* تأثيرات سلبية قليلة على المحصول (Warman & Munro-Warman ١٩٩٣).

● كذلك وجد أن رش نباتات الطماطم بأي من مستخلص الطحالب البحرية، أو مسحوق الأسماك لم يحسن من المحصول أو صفات جودة ثمار الطماطم المنتجة عضويًا (Tourte وآخرون ٢٠٠٠).

المركبات الحيوية

مزايا المعاملة بأحماض الهيوميك

تحقق المعاملة بأحماض الهيوميك الفوائد التالية:

أولاً: الفوائد الفيزيائية:

١- زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة.

٢- زيادة تهوية التربة.

٣- جعل التربة أنسب لعمليات الخدمة.

٤- المساعدة في تحمل النباتات لظروف الجفاف.

٥- تحسين مراقد البذور.

٦- جعل التربة المتماسكة أكثر قابلية للتفتت.

٧- تقليل تعرية التربة.

ثانيًا: الفوائد الكيميائية:

١- الاحتفاظ بالعناصر السمادية الذائبة فى منطقة نمو الجذور وإطلاقها للنباتات عند حاجتها إليها.

٢- تحفيز تحول بعض العناصر إلى صور ميسرة للنباتات.

٣- تكون ذات سعة تبادلية كاتيونية عالية جدًّا.

٤- تسهم فى تحلل الصخور والمعادن.

٥- تزيد من احتفاظ التربة بخصائصها الكيميائية (مثل الـ pH) دون أن تحدث بها تغيرات ملموسة.

٦- تقوم بخلب أيونات المعادن فى الظروف القلوية.

ثالثًا: الفوائد البيولوجية:

١- تحفز النمو النباتى بإسراعها للانقسام الخلوى؛ مما يزيد من معدل نمو الجذور، ومن ثم زيادة المحصول.

٢- زيادة سرعة ونسبة إنبات البذور.

٣- زيادة محتوى النباتات من الفيتامينات.

٤- زيادة نفاذية الأغشية الخلوية؛ مما يُسرع امتصاص النباتات للعناصر.

٥- تحفيز النمو الجذرى، خاصة طوليًّا.

٦- زيادة معدل تنفس الجذور وتكوينها.

٧- تحفيز نمو وتكاثر الكائنات الدقيقة من بكتيريا وخمائر وفطريات.

٨- تساعد فى زيادة البناء الضوئى.

٩- تحفيز نشاط الإنزيمات النباتية.

ولقد أدت إضافة أحماض الهيوميك المتحصل عليها من الـ vermicompost (وهو الكومبوست الناتج من نشاط الديدان الأرضية earthworms على المخلفات العضوية) إلى المزارع اللأرضية الصلبة لكل من الطماطم والخيار إلى تحسين نموهما جوهريًّا — بصورة مطردة — بزيادة معدلات إضافة أحماض الهيوميك حتى ٥٠-١٠٠ مجم/كجم من بيئة

الزراعة، ولكن انخفض نموهما جوهريًا – بعد ذلك – بزيادة تركيز أحماض الهيوميك حتى ٥٠٠–١٠٠٠ مجم/كجم من بيئة الزراعة. وربما ترجع تلك التأثيرات المتناقضة إلى وجود تأثير منشط شبيه بتأثير الهرمونات لأحماض الهيوميك، أو لادمصاص الهرمونات النباتية على تلك الأحماض (Atiyeh وآخرون ٢٠٠٢).

ووجد أن معاملة الطماطم – عن طريق التربة – بكل من أحماض الهيوميك والأحماض الأمينية تحفز امتصاص النباتات للحديد المخلوب على FeEDDHA، وتُحسِّن امتصاص الفوسفور، فضلاً عن أنها تقلل مستويات الصوديوم فى الأوراق، بما يعنى زيادة النباتات للملوحة (Sánchez وآخرون ٢٠٠٥).

كما أدت إضافة المواد الدبالية على صورة محلول سائل (المنتج التجارى Hymifirst) للتربة إلى إحداث تأثيرات إيجابية على محصول البطاطس من الدرنات والمادة الجافة، مع زيادة فى امتصاص كل من النيتروجين والفوسفور (Verlinden وآخرون ٢٠٠٩).

وفى المقابل .. لم تكن للمعاملة بأى من خمسة عشر تحضيرًا تجاريًا – من تلك التى تسوق على أنها محفزة للنمو – والتى كان منها عدة تحضيرات تحتوى على حامض الهيوميك بتركيزات تتراوح بين ٠,٥٪، و ٧٠٪ – أى تأثير على محصول البصل (Feibert وآخرون ٢٠٠٣).

الجليسين بيتين

يُحصل على الجليسين بيتين glycinebetaine من بنجر السكر أثناء عملية استخلاص السكر، وهو مركب آمن، وغير سام، وقابل للذوبان فى الماء، ويتواجد فى الخلايا الحيوانية والنباتية والميكروبية. وعند نمو النباتات تحت ظروف من الشدِّ البيئى فإن غالبية النباتات المحبة للملوحة تقوم تمثيل الجليسين بيتين فى كلوروبلاستيداتها الخضراء وتخزينها كمركب واق لها من الضغط الأسموزى العالى. ولقد وجد أن محصول ثمار نباتات الطماطم النامية فى أراضٍ ملحية أو التى تعرضت لحرارة عالية ازداد بمقدار ٣٩٪ عندما رُشت النباتات بالجليسين بيتين خلال مرحلة الإزهار. كذلك وجد أن المعاملة

تزيد من معدل البناء الضوئى فى أوراق الطماطم فى كل من ظروف الرى المناسب والشدّ الملحى (Makela وآخرون ١٩٩٨).

حامض اللاكتيك

أدى رش نباتات الطماطم والخيار والفاصوليا بالتحضير التجارى لاكتوفول lactofol (الذى يحتوى على حامض اللاكتيك وعناصر مغذية) إلى زيادة المساحة الورقية، وكمية المحصول وجودته، بالإضافة إلى زيادة المحتوى الكلوروفيلى للأوراق والـ net assimilation rate، والقدرة الأكبر على النمو فى الظروف غير المثالية (Bohme وآخرون ٢٠٠٠).

الشيتين والشيتوسان

أدت معاملة مراقد بذور الطماطم بالشيتين chitin بمعدل ٢ جم/م^2 بعد الإنبات بـ ٥، و ١٠، و ١٥ يومًا إلى زيادة النمو النباتى جوهريًا، وإلى زيادة نسبة الجذور التى استعمرتها الميكوريزا، وذلك مقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول (Iglesias وآخرون ١٩٩٤).

كما أدت معاملة التربة بالشيتوسان chitosan إلى تحسين نمو الطماطم والخس، وكان اللون الأخضر للأوراق أكثر دكنة جراء المعاملة (Chibu & Shibayama ١٩٩٩).