

بالنسبة لطور الحوريات فى حشرة الذبابة البيضاء ، التى تعد من أخطر آفات الزراعات المحمية . وبمجرد تحول الحورية - التى تقاوم فعل المبيدات - إلى حشرة كاملة ، فإنها تعاود التكاثر من جديد ؛ الأمر الذى يتطلب تكرار الرش على فترات متقاربة .

٤ - حصاد جميع محاصيل الزراعات المحمية على فترات متقاربة ؛ الأمر الذى يستحيل معه استعمال المبيدات الحشرية والأكاروسية خلال موسم الحصاد دون تعريض صحة الإنسان للخطر .

ممارسات خاصة لمكافحة الأمراض والآفات فى الزراعات اللاأرضية

تتميز الزراعات اللاأرضية - خاصة المائية منها - بإمكان تطبيق وسائل لمكافحة الآفات فيها بيسر وسهولة وفاعلية كبيرة يصعب - أو يستحيل - تطبيقها فى الزراعات المحمية العادية . ومن هذه الوسائل ما يلى :

المعاملة بالسيليكون

عرفت أهمية السيليكون فى زيادة مقاومة النباتات للأمراض منذ أواخر السبعينيات ، عندما وجد أنه يفيد فى مكافحة أمراض عصفه الأرز Rice Blast ، ولفحة الغمد Sheath Blight فى الأرز ، والبياض الدقيقى فى الشعير ، والقمح ، والخيار .

وفى البداية كان يضاف السيليكون إلى التربة بكميات كبيرة ، وصلت إلى ٥ ، ٤ طنا من SiO_2 / هكتار لمكافحة البياض الدقيقى فى القمح ، بينما تطلبت مقاومة البياض الدقيقى فى الخيار إضافة ٢ - ٤ أطنان من سيليكات الكالسيوم ، أو ٢٥ ، ٢ - ٥ ، ٤ طنا من سيليكات البوتاسيوم للهكتار .

وتلّت ذلك محاولة إضافة السيليكون إلى النباتات بطريقة الرش على النموات الخضرية ؛ حيث استعملت كل من ميتاسيليكات الصوديوم sodium metasilicate بتركيز ٤٤٠ جزءاً فى المليون ، وإيثوكسى سيلاتران 1-ethoxysilatan بتركيز ١٨٠ جزءاً فى المليون فى مكافحة مرض عصفه الأرز .

وقد وجد Menzies وآخرون (١٩٩٢) أن رش نباتات الخيار ، والقاوون ، والكوسة بمحلول سيليكاات البوتاسيوم بتركيز ١٧ مللى مولار سيليكون ، أو إضافة السيليكون - بالتركيز نفسه - إلى المحاليل المغذية للمزارع المائية التى تنمو فيها النباتات - قبل يوم من حقنها بالفطر *Sphaerotheca fuliginea* (المسبب للبياض الدقيقى فى الخيار والقاوون) ، أو بالفطر *Erysiphe cichoracearum* (المسبب للبياض الدقيقى فى الكوسة) - أحدث نقصاً معنوياً فى إصابتهما بالبياض الدقيقى مقارنةً بمعاملة الشاهد . وأوضحت الدراسة أن السيليكون - وليس البوتاسيوم فى معاملة سيليكاات البوتاسيوم - كان هو المسئول عن المقاومة للبياض الدقيقى .

كذلك وجد أن إضافة السيليكون إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية يحد كثيراً من الإصابة بالفطرين *Pythium ultimum* ، و *Pythium aphanidermatum* فى الخيار ، وكلاهما من الفطريات الخطيرة التى يمكن أن تنتشر بسرعة كبيرة فى المزارع المائية فى الظروف البيئية المناسبة . ويتبين من دراسات Chérif وآخرين (١٩٩٤) أن إضافة السيليكون بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون (١,٧ مللى مولار) إلى المحاليل المغذية أحدثت نقصاً جوهرياً فى الإصابة بالفطر *P. aphanidermatum* (عند حقن المزارع به) ، مع زيادة المحصول الكلى للخيار ، والمحصول الصالح للتسويق ، والوزن الجاف للنباتات مقارنةً بمعاملة الحقن بالفطر دون إضافة للسيليكون . كما أوضحت الدراسة أن معاملة السيليكون وحدها - دون الحقن بالفطر - لم يكن لها تأثيرات إيجابية على النباتات.

التحكم فى نسب ومستويات العناصر

تلعب نسب ومستويات العناصر فى المحاليل المغذية - خاصة مستويات العناصر الكبرى ، ونسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين - دوراً هاماً فى حماية النباتات من بعض الإصابات المرضية .

فمثلاً .. درس Dhanvantari & Papadopoulos (١٩٩٥) تأثير استعمال نسب مختلفة من البوتاسيوم إلى النيتروجين فى المحاليل المغذية (هى النسب : ٣٠٠ : ٣٠٠ ، و ٤٠٠ : ٢٠٠ ، و ٤٨٠ : ١٢٠) على إصابة الطماطم بمرض

Erwinia carotovora subsp. carotovora الذى تسببه البكتيريا ، فى مزارع الصوف الصخرى . وقد كان متوسط طول العفن الذى أحدثته البكتيريا على سيقان النباتات - عندما بلغت من العمر ١١ أسبوعاً - هو : ٤٣٥ ، و ٥٠٧ ، و ٦٣ ملليمترًا لمعاملات نسب البوتاسيوم إلى النيتروجين المنخفضة ، والمتوسطة ، والعالية (المينة أعلاه) ، على التوالي .

التحكم فى درجة حرارة المحلول المغذى

يفيد التحكم فى درجة حرارة المحلول المغذى فى الحد من انتشار بعض الأمراض الهامة . وقد أمكن بهذه الطريقة الحد من انتشار أعفان جذور السبانخ المتسببة عن الفطريات Pythium aphanidermatum ، و P. dissotocum (Gould & Stan- ghellini ١٩٨٥) .

المعاملة بالمركبات الشيتينية

المركبات الشيتينية Chitinic هى مركبات مستخلصة من الجدر الخارجية الصلدة للكائنات البحرية . ويصنع من هذه المركبات تحضيرات تجارية تفيد فى مكافحة الأمراض النباتية ؛ مثل تحضير الشيتوسان Chitosan .

وقد وجد El-Ghaouth وآخرون (١٩٩٤) أن إضافة الشيتوسان إلى المحاليل المغذية - فى مزارع تقنية الغشاء المغذى - بتركيز ١٠٠ أو ٤٠٠ جزء فى المليون - أدى إلى حماية نباتات الخيار من الإصابة بالفطر Pythium aphanidermatum ، ونشط فى النباتات عدة استجابات دفاعية ؛ منها : تكوين موانع فيزيائية تركيبية structural barriers فى أنسجة الجدر ، وتحفيز تكوين الإنزيمات المضادة للفطريات Chitinase ، و Chitosanase ، و β -1,3-glucanase فى كلٍّ من : الجذور ، والأوراق . وبينما لم يكن للشيتوسان تأثيرات ضارة على الخيار ، فإنه أثر سلباً على نمو الفطر المسبب للمرض ؛ حيث أحدث تورمات فى جدره الخلوية ، وأدى إلى تكوين فجوات بخلاياه ، وتسبب - أحياناً - فى تحلل البروتوبلازم فيه .

المعاملة بالمبيدات

يمكن إضافة المبيدات الفطرية والحشرية الجهازية بيسر وسهولة ، وبكفاءة عالية إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية ، خاصة المزارع المغلقة منها ؛ الأمر الذى يحد كثيراً من تكلفة المعاملة بالمبيدات ؛ فمثلاً . . وجد Grote & Bucs (١٩٩٢) أن إضافة مبيد رادوميل زينب إلى المحاليل المغذية بتركيز ٥٠ جزءاً فى المليون وفّر حمايةً لنباتات الطماطم من الإصابة بالفطر *Pytophthora nicotianae* var. *nicotianae* لمدة ٤٠ يوماً فى مزارع الصوف الصخرى . وقد نقصت الحماية التى وفرها المبيد بمرور الوقت ، ولكن أمكن توفير حماية كاملة ضد المرض بمعاملتين من المبيد يفصل بينهما ٢١ يوماً ؛ لتجنب حدوث أى تسمم للنباتات من المبيد . وكانت المعاملة الوقائية بالمبيد أفضل من المعاملة العلاجية ، إلا أن المعاملات العلاجية التى أجريت فى المراحل الأولى للإصابة بالفطر كانت فعالةً كذلك . وبمقارنة النمو النباتى للطماطم فى مختلف المعاملات كان أفضل نموّ فى المزارع غير المعاملة بالمبيد وغير المحقونة بالفطر ، ثم فى المزارع المعاملة بالمبيد والمحقونة بالفطر ، ثم أخيراً فى المزارع غير المعاملة بالمبيد والمحقونة بالفطر .

كما أفاد استعمال الميتالاكسيل Metalaxyl فى مكافحة الفطر *Pythium aphanidermatum* فى المزارع المائية .

كذلك . . فإن ٥٠ جزءاً فى المليون من البينوميل فى المحاليل المغذية لمزارع تقنية الغشاء المغذى تحمى نباتات الخيار من الإصابة بالبياض الدقيقى .

ولا يمكن استعمال المبيدات الجهازية - بالصورة السابقة - مع النباتات النامية فى التربة ، عن طريق إضافتها مع مياه الرى بالتنقيط ؛ بسبب تعارض التربة مع تيسر المبيد للنبات ؛ الأمر الذى يتطلب زيادة الكمية المستعملة منه ، مع ضرورة إضافته على فترات أكثر تقارباً مما فى حالة المزارع المائية .

المكافحة الحيوية

من أمثلة وسائل مكافحة الحيوية التى يسهل تطبيقها فى المزارع المائية المغلقة ما يلى :

إضافة بكتيريا الـ *Pseudomonads*

تعرف عدة أنواع بكتيرية مفيدة للنباتات تتبع الجنس *Pseudomonas* . تعيش هذه البكتيريا فى التربة فى منطقة النمو الجذرى (الـ Rhizosphere) للنباتات ، وتعمل على تحفيز النمو النباتى ، كما تُضاد نمو وتكاثر بعض الأنواع الميكروبية الأخرى الممرضة للنباتات .

وقد وجد Buysens وآخرون (١٩٩٣) أن تزويد مزارع الطماطم المائية (تقنية الغشاء المغذى) بالسلالة 7NSK2 من البكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* أعطى مكافحة جيدة للفطر *Pythium* spp. وأمكن التغلب على الذبول الطرى لبادرات الطماطم بمعاملة البذور بالفطر *P. aeruginosa* ، ووفرت حماية إضافية من الإصابة بالفطر ؛ وذلك بإضافة البكتيريا إلى المحلول المغذى ذاته .

كذلك درس Rankin & Paulitz (١٩٩٤) تأثير إضافة عددٍ من عزلات النوعين البكتيريين *Pseudomonas corrugata* ، و *P. fluorescens* على نمو نباتات الخيار وحمايتها من الإصابة بالفطر *Pythium aphanidermatum* فى مزارع الصوف الصخرى . وعلى الرغم من تباين العزلات فى مدى تأثيرها ، إلا أن كلا النوعين البكتيريين أحدثا زيادةً كبيرةً فى الوزن الجاف للنبات ، وزيادةً بنسبة ٣٢ ٪ - ٤١ ٪ فى عدد الثمار فى غياب الفطر ، بينما كانت الزيادة فى عدد الثمار الصالحة للتسوق عند إضافة البكتيريا - مقارنةً بمعاملة الشاهد - أكثر من ٦٠٠ ٪ فى وجود الفطر .

إضافة فطريات الميكوريزا *Mycorhizae*

توفر فطريات الميكوريزا - التى تعيش وهى متصلة اتصالاً بيولوجياً وثيقاً بجذور النباتات - عدة فوائد للنباتات ، لعل من أبرزها توفير العناصر المغذية للنبات ، خاصةً عنصر الفوسفور ، ومساعدة النبات على تحمل الظروف البيئية القاسية ،

-خاصة ظروف الجفاف - وتوفير الحماية للنباتات من الإصابة ببعض الأمراض التي تعيش مسبباتها فى التربة ، خاصة تلك التى تحدث فيها الإصابة عن طريق الجذور .

وقد وجد Rattink (١٩٩٣) أن إضافة فطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum* إلى مزارع تقنية الغشاء المغذى أدت إلى حماية نباتات الطماطم من الإصابة بمرض عفن التاج والجذر الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis - lycopersici* ؛ حيث انخفضت نسبة النباتات المصابة - نتيجة لإضافة فطر الميكوريزا بنحو ٧٠ ٪ أو أكثر . وبالمقارنة . . فإن معاملة المزرعة المائية - بعزلة من *Streptomyces griseoviridis* أو بعزلتين غير ممرضتين non- pathogenic من الفطر *E. oxysporum* - لم تنجح فى مقاومة مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى بكفاءة فطر الميكوريزا نفسها .

تعقيم المحاليل المغذية فى النظم المغلقة

إن المحاليل المغذية المستعملة فى المزارع المائية ذوات النظم المغلقة - مثل تقنية الغشاء المغذى - تكون فى البداية خالية تماماً من جميع مسببات المرضية . وإذا ما حدث وتلوثت تلك المحاليل بمسببات الأمراض فإنه يمكن تعقيمها بصورة أيسر مما فى حالة تعقيم التربة أو بيشات الزراعة الأخرى . وسبب هذه السهولة فى التعقيم أن المحلول الغذائى المستعمل يمر جميعه من خلال ماسورة واحدة قبل تجمعها فى خزان المحلول .

ومن أهم الوسائل المستعملة فى تعقيم المحاليل المغذية فى النظم المغلقة ما يلى :

التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية Ultra-Violet

تفيد هذه المعاملة فى خفض أعداد الكائنات الدقيقة فى المحاليل المغذية ؛ فمثلاً . . وجد Buyanovsky وآخرون (١٩٨١) أن معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية ($572 \text{ Jm}^{-2}\text{h}^{-1}$) - لمدة ٣ ساعات يومياً طوال فترة زراعة الطماطم - أحرقت نقصاً فى عدد الكائنات الدقيقة بالمحلول المغذى من ٥٠٠ - ٨٠٠ × ٣١٠ إلى ١٠ -

٥٠ × ٣١٠ مل ، لكن Collins & Jensen (١٩٨٣) يذكرون أنه بينما كانت معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية مجديةً في تقليل أعداد البكتيريا المسببة للأمراض في تقنية الغشاء المغذى في إنجلترا ، فإن هذه المعاملة لم تكن مفيدة في أريزونا ؛ لأنها أحدثت نقصاً في أعداد البكتيريا خلال اليومين الأولين فقط من المعاملة ، أعقبته زيادة أعداد البكتيريا بعد ذلك إلى ما كانت عليه قبل الإشعاع ، حتى مع استمرار الإشعاع . وبينما تسببت المعاملة في قتل الجراثيم السابحة (zoospores) لفطر الـ Pythium في المحاليل المغذية ، إلا أنها تسببت أيضاً في تحويل الحديد المخلوب إلى صورة غير ميسرة لامتصاص النبات ؛ وهو الأمر الذى تطلب إضافة مزيدٍ من الحديد بعد كل معاملة تعريضٍ للأشعة .

ولكن وجدَ - لحسن الحظ - أن طرز الحديد المخلوبة تتباين في مدى تأثرها بالأشعة فوق البنفسجية (عن Cooper ١٩٧٩) .

وقد أثبتت دراسات Schwartzkopf وآخرين (١٩٨٧) على المزارع المائية للخس أن معاملة المحاليل المغذية بجرعاتٍ منخفضةٍ من الأشعة فوق البنفسجية كانت وسيلةً فعالةً للتخلص من البكتيريا في المحلول المغذى ، كما أحدثت المعاملة تحسناً في النمو النباتي . وعلى الرغم من أن الجرعات العالية من الأشعة أحدثت خفضاً قدره ٩٨ ٪ في أعداد البكتيريا - مقارنةً بخفضٍ قدره ٨١ ٪ فقط في حالة الجرعات المنخفضة - إلا أن الجرعات العالية أحدثت - كذلك - نقصاً جوهرياً في النمو النباتي .

التعقيم بالموجات فوق الصوتية Ultra-Sonic

تفيد هذه المعاملة - كذلك - في خفض أعداد الكائنات الدقيقة في المحلول المغذى ، ولكن يعتقد أنها تؤدي - مثل معاملة الأشعة فوق البنفسجية - إلى التأثير على تيسر الحديد المخلبي في المحلول المغذى .

التعقيم بالترشيح

من السهولة بمكانٍ تمرير المحلول على مرشحات (فلاتر) تعمل على منع مرور الكائنات المسببة للمرض قبل وصول المحلول المغذى إلى خزان التجميع . وقد

استعمل Schwartzkopf وآخرون (١٩٨٧) فلاتر تحت ميكروسكوبية (ذات فتحات بقطر ٠,٢٢ مللى ميكرون) فى مزارع مائية للخس ، أدت إلى التخلص من البكتيريا بنسبة وصلت إلى ٩٩ ٪ ، وأحدثت تحسناً فى النمو النباتى مقارنةً بمعاملة الشاهد .

ويذكر Goldberg وآخرون (١٩٩٢) أن الفطر Pythium aphanidermatum يحدث مشاكل كبيرة فى المزارع المائية المغلقة للخيار والطماطم ؛ لأن جراثيمه السابحة تنتقل مع المحلول المغذى لتصيب جميع النباتات فى المزرعة . وقد أمكن مكافحة الفطر بصورة كاملة بإمرار المحلول المغذى الملوث بالجراثيم السابحة للفطر ثلاث مرات على مرشحين ؛ أولهما ذو ثقب بقطر ٢٠ ميكرومتر ، وثانيهما ذو ثقب بقطر ٧ ميكرومترات . ولم يكن المرشح الأول (ذو الثقوب الأوسع) - وحده - كافياً للتخلص من الجراثيم السابحة للفطر .

هذا .. إلا أن Lillo وآخرين (١٩٩٣) وجدوا أن المحاليل المغذية المرشحة سرعان ما تلوث مرة أخرى بالبكتيريا ؛ حيث لم يجدوا فرقاً معنوياً بين أعداد البكتيريا فى المحاليل المغذية المرشحة وغير المرشحة ، وكل ما تأثر بعملية الترشيح هو تواجد المركبات العضوية (الكربونية) التى كان تركيزها الكلى ٢٣ جزءاً فى المليون فى المحاليل غير المرشحة ، انخفض إلى ١٥ جزءاً فى المليون فى المحاليل المرشحة ، وكانت جميعها من المركبات الشبيهة بالتانين واللجنين .

التعقيم بالحرارة

تبدو فكرة تعقيم المحاليل المغذية بالحرارة أمراً سهلاً وممكناً ، وكل ما تتطلبه هو توفير حل مناسب لضرورة برودة المحلول المغذى إلى درجة الحرارة العادية قبل إعادة ضخه فى المزرعة من جديد . ويمكن أن يتحقق ذلك إما بإجراء التعقيم فى بداية الليل حينما يتوقف ضخ المحلول المغذى بصورة طبيعية ، وإما بتخصيص خزائين للمحلول يتم تعقيم المحلول فى أحدهما ، بينما يستعمل المحلول فى الآخر ، على أن يُعكس الأمر كلما دعت الضرورة إلى تكرار عملية التعقيم .