الفصل السادس

توجيه الممارسات الزراعية لخدمة الإنتاج العضوى

إن الممارسات الزراعية التى تخدم أهداف الإنتاج العضوى كثيرة ومتنوعة، وبخاصة تلك التى تفيد فى مكافحة الأمراض والآفات.

فمن بين متطلبات مكافحة الأمراض والآفات والحشائش ما يلى:

١- تطبيق الدورة الزراعية وممارسات إدارة التربة والمغذيات النباتية.

٢- تطبيق إجراءات النظافة بإزالة نواقل الأمراض، والتخلص من بذور الحشائش ومأوى الآفات.

٣- إجراء الممارسات الزراعية التى تُعزز سلامة النباتات، مثل اختيار الأنواع، والأصناف النباتية المناسبة لظروف الموقع، والمقاومة للآفات والأمراض المنتشرة فيه والمتحمِّلة لأنواع الحشائش المتواجدة فيه.

ويمكن مكافحة الآفات بالطرق الميكانيكية والفيزيائية والحيوية، مثل:

١- إدخال المفترسات والمتطفلات التى تُكافح الآفات الزراعية، أو زيادة أعدادها.

٢- توفير الأعداء الطبيعية للآفات.

٣- استخدام وسائل للمكافحة، مثل الشراك والمصائد والطاردات (Ferguson ٢٠٠٦).

الدورة الزراعية

إن من أهم أهداف الدورة الزراعية، ما يلى:

١- المحافظة على محتوى التربة من المادة العضوية أو زيادته.

٢- إدارة مكافحة الآفات فى المحاصيل الحولية والمعمرة.

٣- التعامل مع نقص أو زيادة العناصر.
٤- مكافحة تعرية التربة.

ويمكن بالتصميم الدقيق للدورة الزراعية المحافظة على مستوى التربة من المادة العضوية أو زيادته. فالدورات التى تدخل فيها محاصيل الحبوب الصغيرة مثل القمح والشعير والزمير والشوفان والترتكيل والتى تحصد بذورها (حبوبها) يمكن أن تضيف للتربة نحو ٤٠٠٠-٥٠٠٠ كجم من المادة الجافة لكل فدان، فضلاً عن أن تضمين الدورة لتلك المحاصيل يفيد فى خفض شدة الإصابات المرضية فى محاصيل الخضر. وبالمقارنة يخلف البروكولى نحو ٣٥٠٠ كجم من المادة العضوية الجافة بكل فدان. وتكون كميات المادة العضوية الجافة المتخلفة عن زراعات الطماطم، والخس والبصل والثوم حوالى ١٢٥٠ كجم، و ٦٠٠ كجم، و ٣٥٠ كجم، و ٢٥٠ كجم لكل فدان على التوالى (Mitchell وآخرون ٢٠٠٠).

إن الدورة الزراعية تلعب دورًا هامًّا فى مكافحة الأمراض، ذلك لأنها تمنع الزيادة المطَّردة لأعداد بعض المسببات المرضية فى التربة من جهة، بالإضافة إلى خفضها لتلك الأعداد من جهة أخرى؛ بسبب حرمانها للمسببات المرضية من التكاثر على عوائلها المناسبة لها.

ومع أهمية الدورة الزراعية بالنسبة للأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة، فإن بعضها يُنتج تراكيب يمكنها البقاء فى التربة لعدة سنوات فى غياب عوائلها. ومن أمثلة ذلك الفطريات المسببة لكل من الجذر الصولجانى فى الصليبيات، ولفحة فيتوفثورا، والذبول الفيوزارى فى مختلف النباتات. كذلك تتمتع عديد من المسببات المرضية بمدى عائلى كبير؛ الأمر الذى يجعل تنفيذ الدورة معها أمرًا صعبًا، ومن أمثلة ذلك فطريات اسكليروتينيا، ورايزكتونيا، وفيرتسيليم، ونيماتودا تعقد الجذور.

وبالنسبة للأمراض التى تحدث الإصابة فيها من خلال النموات الخضرية للنبات. فإن جراثيم تلك المسببات قد تنتقل — مع الهواء — لمسافات كبيرة، كما فى حالات

أمراض البياض الزغبى والأصداء؛ الأمر الذى يجعل الدورة الزراعية قليلة الجدوى معها، ولكن الدورة تُفيد – حتى مع تلك الأمراض – فى تجنب الإصابات المبكرة التى قد تعيش الأطوار الساكنة لمسبباتها فى التربة.

وعلى الرغم من أن الدورات الزراعية تُجرى لأهداف متعددة، فإن الهدف الرئيسى منها يكون – عادة – مكافحة الأمراض؛ ولذا .. فإن مدة الدورة تتحدد بالفترة التى يجب الامتناع خلالها عن زراعة محصول معين؛ بهدف مكافحة مرض معين يصيب ذلك المحصول.

تعقيم (بسترة) التربة بالإشعاع الشمسى

يقتصر تعقيم أو بسترة التربة بالإشعاع الشمسى Solar Pasteurization of Soil على المناطق ذات الجو الحار، وفى الأراضى التى يمكن تركها دون زراعة لمدة ٤٥ يومًا على الأقل.

طريقة إجراء التعقيم بالإشعاع الشمسى

مجمل الطريقة ومتطلبات نجاحها

يتعين عند تعقيم التربة بالتشميس تنعيمها جيدًا لكى يمكن فرد الغشاء البلاستيكى عليها وجعله ملامسًا لكل سطح التربة؛ ذلك لأن وجود كتل التربة (القلاقيل) يعنى وجود جيوب هوائية تحت الغطاء تعمل كعازل بينه وبين التربة. مما يقلل فى فرصة رفع حرارة التربة بالتشميس.

وللسبب ذاته لا يجوز استهداف تعقيم الحقل كله بالتشميس إذا كان مجهزًا على صورة خطوط أو مصاطب، إلاّ إذا كان الهدف هو تعقيم سطح المصاطب فقط، وهو أمر غير مستحب لأنه يوفر فرصة لإعادة تلوث تربة سطح المصاطب المعقمة من التربة المجاورة لها غير المعقمة (DeVay ١٩٩١ب).

تتلخص طريقة بسترة التربة بالتشميس soil solarization فيما يلي:

١- إزالة المخلفات النباتية من الزراعة السابقة.

٢- الحراثة العميقة للتربة.

٣- إضافة سبلة غير متحللة (طازجة) وخلطها جيدًا بالتربة.

٤ - غمر الحقل بالماء بمعدل ٢٠٠-٢٥٠م^{٣} للفدان.

٥- غمر الحقل مرة أخرى بالماء بعد أسبوعين بمعدل ١٧٥-٢٥٠م^{٣} للفدان.

٦- حراثة التربة وتنعيمها بعد ١٠-١٢ يومًا.

٧- مدّ خطوط الرى بالتنقيط.

٨- تغطية التربة بغشاء بلاستيكى شفاف، مع تغطية حواف الغشاء جيدًا بالتربة.

٩- إضافة الماء بمعدل ٢٥م^{٣} للفدان.

١٠- إضافة الماء كل خمسة أيام — لمدة ٤٥ إلى ٥٠ يومًا — بمعدل ١٧,٥م^{٣} للفدان.

ويفيد الجمع بين الإضافات العضوية والبسترة بالتشميس soil solarization فى زيادة فاعلية التشميس بفعل الحرارة التى تنتج من تحلل المادة العضوية.

ومن أهم مزايا بسترة التربة بالتشميس ما يلي:

١- تفيد فى جميع الحالات التى لا يتوفر فيها مبيدات مسجلة للاستعمال العضوى.

٢- يُسمح بها فى حالات الإنتاج العضوى.

٣- تعطى دفعة قوية للنمو النباتى القوى المبكر، وتؤدى إلى زيادة المحصول؛ فعلى سبيل المثال أحدث تعقيم التربة بالتشميس منفردًا، أو مع التلقيح بالـ *Trichoderma* spp. زيادة كبيرة فى محصول الفراولة، بلغت فى العام الأول للدراسة ٢٨,٢٪، و ٧٧,٦٪ على التوالى (Porras وآخرون ٢٠٠٧).

إعداد التربة للتعقيم

يجب أن تكون التربة المراد تعقيمها مستوية وخالية من الحشائش والنباتات، والمخلفات النباتية والكتل الترابية الكبيرة التى ترفع البلاستيك؛ مما يؤدى إلى تواجد

جيوب هوائية تقلل من كفاءة عملية التعقيم؛ ولذا .. يجب توجيه عناية خاصة إلى عملية تنعيم التربة وجعلها مستوية تمامًا.

يحرث الحقل المراد تعقيمه جيدًا حتى عمق ٣٠-٣٥ سم، ثم يروى جيدًا بالرش، أو بالتنقيط، أو بالغمر. وبعد أن تجف التربة إلى درجة تسمح بمرور الجرارات الزراعية عليها (ويستغرق ذلك مدة يوم أو يومين فى الأراضى الخفيفة). يغطى سطح التربة بشرائح بلاستيكية شفافة بسمك ٤٠-٨٠ ميكرونًا، وتشد جيدًا لمنع تواجد أية جيوب هوائية تحتها، ثم تترك لمدة ٤-٨ أسابيع. هذا .. مع العلم أن شرائح البوليثيلين الرقيقة هذه تكون قليلة التكلفة، ولها نفس فاعلية الشرائح السميكة.

وقد تترك مسافات بين شرائح البلاستيك للمرور عليها، وتلك المسافات تكون غير معقمة، وتشكل مصدرًا لإعادة إصابة الحقل. وتلزم المحافظة على شرائح البلاستيك أثناء التغطية من الأضرار التى يمكن أن تحدثها الطيور أو الماشية.

ويلزم لنجاح هذه الطريقة فى تعقيم التربة مراعاة ما يلى:

١- أن تظل التربة رطبة أثناء فترة التغطية؛ لزيادة حساسية الكائنات المسببة للأمراض الموجودة بها، ولزيادة مقدرتها على التوصيل الحرارى.

٢- إطالة فترة التغطية لمكافحة الكائنات المسببة للأمراض، والتى تكون متعمقة فى التربة؛ لأن الحرارة لا ترتفع كثيرًا؛ حيث تتواجد هذه الكائنات.

اختيار البلاستيك المناسب للتعقيم

يفضل لتعقيم التربة استعمال بلاستيك بسمك ٢٥ ميكرونًا؛ لأنه يكون أرخص وأكثر كفاءة. لكن نظرًا لكثرة تعرضه للتمزق من أقل ضغط عليه .. يفضل بلاستيك بسمك ٤٠-٨٠ ميكرونًا، مع الحرص على رتق أية تمزقات باستعمال شريط لاصق شفاف. ولا يفضل استعمال بلاستيك يزيد سُمْكه على ٨٠ ميكرونًا؛ لأنه يعكس قدرًا أكبر من الأشعة الشمسية؛ مما يؤدى إلى انخفاض كفاءته فى رفع حرارة التربة.

ويمكن استعمال بلاستيك شفاف يحتوى على مثبطات للأشعة فوق البنفسجية، تعمل على إبطاء تدهوره بفعل تلك الأشعة؛ الأمر الذى يسمح بإطالة فترة التعقيم، أو حفظه بعد التعقيم وإعادة استعماله، أو استمرار استعماله بعد التعقيم كغطاء بلاستيكى للتربة.

طريقة التغطية بالبلاستيك

يمكن إجراء التعقيم إما فى شرائط (لا يقل عرضها عن ٦٠-٩٠ سم) فوق مصاطب الزراعة، وإما بتغطية كل سطح التربة. تتميز طريقة الشرائط المعقمة بانخفاض تكلفتها. إلا أنه يترتب عليها تواجد مساحات غير معقمة بين الشرائط المعقمة تشكل مصدرًا لإعادة تلوث الجزء المعقم.

وعند تغطية كل الحقل بالبلاستيك يتعين الترديم جيدًا بالتربة حول حواف الشرائح البلاستيكية المتجاورة، أو لصقها معًا بشريط لاصق شفاف مقاوم للحرارة.

أهمية رطوبة التربة خلال فترة التعقيم

يجب أن تبقى التربة رطبة طوال فترة التعقيم؛ لأن الرطوبة تجعل الكائنات الدقيقة المرضة أكثر حساسية للحرارة، فضلاً عن كونها تزيد من سرعة التوصيل الحرارى. وتجعل ارتفاع الحرارة يمتد إلى عمق أكبر فى التربة. ويتحقق ذلك فى الأراضى الثقيلة، وذلك برى التربة رية غزيرة، ثم فرش البلاستيك فى أقرب وقت ممكن بعد ذلك. أما فى الأراضى الرملية التى تُروى بالتنقيط، فإن شبكة الرى يجب أن تبقى تحت البلاستيك مع الرى مرة واحدة أو مرتين أسبوعيًا خلال فترة التعقيم؛ وذلك للمحافظة على مستوى مرتفع من الرطوبة خلال التعقيم.

وعمومًا .. يجب أن تكون رطوبة التربة حتى عمق ٦٠ سم فى حدود ما لا يقل عن ٧٠٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية (DeVay ١٩٩١ب).

فترة التغطية المناسبة

كلما طالت فترة التغطية بالبلاستيك ازدادت كفاءة عملية التعقيم؛ حيث يزداد الارتفاع فى حرارة التربة ويكون لعمق أكبر. وغالبًا ما يكفى التعقيم لمدة ٤-٦ أسابيع خلال أشد المواسم حرارة، ولكن إطالة الفترة إلى ٨ أسابيع يكون أكثر فاعلية.

هذا .. وتستمر فاعلية التعقيم بالإشعاع الشمسى – عادة – لموسمين زراعيين كاملين.

تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على مسببات الأمراض والآفات التى تعيش فى التربة

إذا أجرى التعقيم بالإشعاع الشمسى – بصورة صحيحة – خلال شهور الصيف الحارة، فإن درجة الحرارة ترتفع تحت الغطاء البلاستيكى إلى ما بين ٦٠°م على عمق ٥ سم و ٣٩°م عند عمق ٤٥ سم.

ويكون هذا الارتفاع فى حرارة التربة سببًا رئيسيًا فى القضاء على عديد من مسببات الأمراض والآفات التى تعيش فى التربة، إما بصورة مباشرة، وإما بصورة غير مباشرة من خلال تأثير عملية التعقيم على بيولوجى التربة.

تتفاوت الكائنات الدقيقة فى تأثرها بالحرارة بسبب تباينها فى حساسية أغشيتها الخلوية وتباين محتواها من إنزيمات التنفس فى تأثرها بالحرارة العالية (DeVay ١٩٩١ب).

يلزم للتخلص من الكائنات الدقيقة المتوسطة التحمل للحرارة mesophylic organisms حوالى ٢-٤ أسابيع من التعرض لحرارة ٣٧°م، ولكن تلك الفترة تنخفض إلى ست ساعات عند ارتفاع الحرارة إلى ٤٧°م (DeVay ١٩٩١أ).

وعلى الرغم من تباين الكائنات التى تعيش فى التربة فى الجرعات الحرارية (الحرارة والمدة) القاتلة لها، فإنه يكفى – عادة – دقائق قليلة من التعرض لحرارة تزيد عن ٤٥°م للوصول إلى ٩٠٪ قتل، أو ما يعرف بـ LD_{90} (Stapleton ١٩٩١ – FAO – Plant Production and Protection Paper 109 – الإنترنت).

أولاً: مسببات الأمراض

يؤدى تعقيم (بسترة) التربة بالإشعاع الشمسى إلى القضاء على عديدٌ من الفطريات التى تعيش فى التربة وتصيب مختلف المحاصيل الزراعية؛ مثل (عن Katan ١٩٨٠):

الفطر	المحاصيل	المرض
Verticillium dahliae	الطماطم – البطاطس – الباذنجان – الفراولة – القطن – الزيتون	ذبول فيرتسيليم
Fusarium oxysporum	الطماطم – القاوون – البصل – الفراولة – القطن	الذبول الفيوزارى
Pyrenochaeta terrestris	البصل	الجذر الوردى
Pyrenochaeta lycopersici	الطماطم	الجذر الفلينى
Sclerotium ralfsii	الفول السودانى	اللفحة الجنوبية
Rhizoctonia solani	البطاطس – البصل – الفاصوليا – القطن	عفن الجذور وتساقط البادرات
Thielaviopsis bosicola	القطن	عفن البذور والجذور
Pythium ultimum	القطن	الذبول الطرى
Pythium myrothecium	الفول السودانى	عفن القرون
Plasmodiophora brassicae	الكرنب	الجذر الصولجانى
Didymella lycoppersici	الطماطم	لفحة أسكوكيتا

ثانيًا: النيماتودا

لا تتأثر الفطريات المتحملة للحرارة، والأكتينوميسيتات، والزيدوموناذز الفلورية fluorescent pseudomonads والـ *Baclillus* spp. سوى قليلاً بالحرارة أثناء عملية الـ solarization، وسرعان ما تستعيد نشاطها لتستعمر التربة دون منافسين لها بعد انتهاء عملية التعقيم؛ الأمر الذى يفيد فى مكافحة النيماتودا (عن Giannakou وآخرين ٢٠٠٧).

يؤدى تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى إلى تخفيض أعداد النيماتودا التى توجد فى التربة حتى عمق حوالى ٣٠ سم، أما فى الأعماق الأكبر من ذلك فإن الارتفاع فى درجة حرارة التربة لا يكون بالقدر الذى يمكن أن يؤثر فى النيماتودا؛ ولذا .. فإن التعقيم بالإشعاع الشمسى يكون أكثر فاعلية فى مكافحة النيماتودا بالنسبة للمحاصيل ذات الجذور السطحية.

وتبعًا لـ Gamliel & Stapleton (١٩٩٣) فإن الجمع بين التسميد بزرق الدواجن مع التعقيم بالإشعاع الشمسى يزيد — كثيرًا — من فاعلية التعقيم فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور.

ويستدل من دراسات Oka وآخرين (٢٠٠٧) إمكان مكافحة نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita*، و *M. javanica* فى الزراعات العضوية بالجمع بين تشميس التربة soil solarization والإضافات العضوية، وهى التى استخدم منها فى هذه الدراسة سبلة الدواجن، وكسب بذرة القطن، ومسحوق الريش، وكسب بذرة فول الصويا. هذا فى الوقت الذى أدى فيه تشميس التربة إلى مكافحة النيماتودا جزئيًا، بينما لم تكن للإضافات العضوية — منفردة — أى تأثير. ويبدو أن الجمع بين التشميس والإضافات العضوية ساعد فى رفع حرارة التربة بقدر أكبر، بالإضافة إلى تراكم الأمونيا والأمونيوم — من المخلفات العضوية — تحت الغطاء.

تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على الحشائش

يقضى التعقيم بالإشعاع الشمسى على عديد من الحشائش الحولية والمعمرة (Pullman وآخرون ١٩٨٤).

التعقيم بالبخار

تعقم التربة بحقنها بالبخار لمدة ٣٠ دقيقة، حتى تصل حرارتها إلى ٨٠–٨٥°م. ويتم الحقن بالبخار من خلال أنابيب مثقبةٍ تثبت فى تربة البيوت المحمية على عمق ٣٠

سم، مع تغطية سطح التربة أثناء التعقيم برقائق بلاستيكية للمحافظة على رفع حرارة التربة.

كما قد يتم حقن البخار في تربة الحقل أو البيوت المحمية من خلال أنابيب عمودية بطول ٤٠–٥٠ سم تبعد بعضها عن بعض بنحو ٢٢ سم، وتثبت خلف حفارات صغيرة تتصل برأس موزعة للبخار، ثم بمصدر البخار بواسطة خرطوم، وتتم تغطية المساحة المعاملة أولاً بأول للمحافظة على درجة الحرارة المرتفعة لمدة ٣٠ دقيقة.

كما قد تعامل التربة بالبخار من خلال أنابيب مثقبة تُمد فوق سطح التربة، وتغطى برقائق من البلاستيك المقاوم للحرارة مع تثبيت حواف الرقائق جيدًا بواسطة التربة. ويؤدى ضخ البخار في الأنابيب المثقبة إلى رفع البلاستيك، وحينئذٍ يُخفض ضغط البخار إلى الحدود الدنيا. وللحصول على أفضل النتائج يجب استمرار الغطاء والمعاملة بالبخار لمدة ٦–٨ ساعات. وتتوقف درجة تغلغل البخار في التربة على مدى العناية بفلاحتها. وتعتبر هذه الطريقة أقل الطرق تكلفة (عن Nelson ١٩٨٥).

وعند تعقيم بيئات الزراعة وأوعية نمو النباتات بالبخار يراعى أن تستمر المعاملة لمدة ٣٠ دقيقة بعد أن تصل أبرد نقطة في المخلوط إلى حرارة ٨٢°م (١٨٠°ف). ويتضمن ذلك أن يكون الحد الأدنى لدرجة الحرارة هو ٨٢°م لمدة ٣٠ دقيقة، لكن معظم البيئة والمواد المعقمة تكون حرارتها مثل درجة حرارة البخار؛ أى ١٠٠°م. ويراعى .. عن تعقيم الأحواض أو الشتّالات المستخدمة في الزراعة — أن تفصل بينها مسافة ٢,٥ سم رأسيًا ومن الجانبيين؛ حتى يمكن أن يتخلل البخار بينها بسهولة.

وتؤدى هذه المعاملة إلى التخلص من معظم بذور الحشائش والكائنات المسببة للأمراض من فطريات، وبكتيريا، ونيماتودا، وفيروسات، وكذلك الحشرات، إلا أنها تُبقى على بعض الكائنات المفيدة التى بإمكانها أن تنافس الكائنات الضارة على الأكسجين. والمكان، والغذاء، وتحد من مقدرتها على البقاء، لكن هذه الكائنات المفيدة يمكن القضاء عليها أيضًا إذا ارتفعت درجة حرارة البيئة إلى ١٠٠°م. ولهذا يفضل أن

يكون التعقيم على حرارة ٦٠-٧١°م لمدة ٣٠ دقيقة، حيث يتم القضاء على معظم الكائنات الضارة مع الإبقاء – قدر الإمكان – على الكائنات المفيدة. ويتحقق ذلك بأجهزة خاصة تقوم بخلط البخار بالهواء بدرجة معينة يمكن بواسطتها التحكم في درجة حرارة مخلوط الغازين قبل دخولهما في البيئة المراد تعقيمها. ويوضح جدول (٦-١) درجات الحرارة اللازمة للقضاء على مختلف الآفات النباتية.

جدول (٦-١): درجات الحرارة اللازمة (لمدة ٣٠ دقيقة) للقضاء على مختلف الآفات النباتية.

الحرارة (°م) لمدة ٣٠ دقيقة	الكائنات التي يتم التخلص منها
٥٠	النيماتودا
٥٣	فطر *Rhizoctonia solani*
٦٠	معظم البكتيريا المسببة للأمراض النباتية
٦٣	معظم الفطريات المسببة للأمراض
٦٠-٧١	الحشرات التي تعيش في التربة
٧٠	معظم الفيروسات المسببة للأمراض النباتية
٧١	كل البكتيريا المسببة للأمراض النباتية
٧٠-٨٠	معظم بذور الحشائش
٩٥-١٠٠	بذور الحشائش والفيروسات المقاومة للحرارة

الحراثة المعتدلة

إن لحراثة التربة تأثيرات سلبية على محتواها من المادة العضوية؛ فبينما قد توفر الحراثة المعتدلة ظروفًا أرضية أفضل للنمو النباتي ومكافحة الحشائش على المدى القصير، فإن الحراثة الكثيفة للأراضي الزراعية أدت – تاريخيًا – إلى فقد كبير في كربون التربة تراوح بين ٣٠٪، و ٥٠٪.

إن الحراثة التقليدية تعمل على تفكيك تجمعات التربة، وتعريض مزيد من المادة

العضوية للتحلل الميكروبى والأكسدة، وتعد أحد الأسباب الرئيسية فى تدهور بناء التربة على المدى الطويل. كذلك فإن القنوات الدقيقة والقنوات الأوسع التى تتواجد فى التربة جراء العمليات الطبيعية مثل تحلل الجذور ونشاط الديدان يمكن القضاء عليها بالحراثة. وعندما تكون الحراثة عميقة — وهو الإجراء التقليدى عند تجهيز التربة — فإنها تكون مكلفة.

ولذا .. يوصى فى الزراعات العضوية باتباع ما يعرف بـ "الحراثة المعتدلة" conservation tillage، وفيها يبقى ما لا يقل عن ٣٠٪ من سطح التربة يغطى بمخلفات من المحصول السابق. وبتلك الطريقة يقل دمج المخلفات فى التربة، وتقل تهوية التربة بدرجة زائدة، ويُحافظ على محتوى التربة من المادة العضوية (Mitchell وآخرون ٢٠٠٠).

الغطاء النباتى

إن الغطاء المحصولى cover crops (وهو أى غطاء نباتى أخضر للتربة) يعمل على تقليل فقد العناصر من التربة، ثم إضافتها إليها ثانية – عند قلبه فيها — فى صورة عضوية. وأكثر المحاصيل استخدامًا لهذا الغرض البقوليات والحبوب الصغيرة والصليبيات، وخاصة من الجنس *Brassica*. وتتميز البقوليات بقدرتها على تثبيت آزوت الهواء الجوى من خلال بكتيريا العقد الجذرية. وتقلب هذه المحاصيل — عادة — عندما تكون نسبة الكربون إلى النيتروجين فيها أقل من ٢٠ : ١؛ الأمر الذى يحد من التنافس على النيتروجين بين المحصول الاقتصادى المزروع وكائنات التربة التى تقوم بتحليل النموات الخضراء بعد قلبها فى التربة.

وعلى الرغم من أن قلب النموات المكتملة النمو التى تزيد فيها نسبة الكربون إلى النيتروجين عن ٢٠ : ١ تؤدى إلى حدوث نقص مؤقت فى النيتروجين المتوفر لإجل نمو المحصول الاقتصادى، فإن هذه النموات تعد وسيلة فعالة لزيادة نسبة المادة العضوية فى التربة.

هذا .. ويتوفر — عادة — للنمو المحصولى أقل من ٥٠٪ من النيتروجين المتواجد فى المحصول الأخضر بعد قلبه فى التربة، بينما يبقى الجزء الأكبر من النيتروجين فى صورة عضوية بالمادة العضوية للتربة غير ميسر فى الحال للنبات. ويعنى ذلك أن جزءًا من النيتروجين العضوى المتوفر فى السماد الأخضر الذى يُقلب فى التربة يتمعدن سريعًا خلال الأسابيع الأولى من قلبه. وعندما تكون نسبة الكربون إلى النيتروجين بالسماد الأخضر أقل من ٢٠ : ١، فإن معدل تمعدن النيتروجين يزداد لمدة ٣-٦ أسابيع بعد القلب، ثم يقل معدل التمعدن كثيرًا بعد الأسبوع السادس إلى الثامن. وعندما يتمعدن النيتروجين العضوى يجب أن يكون المحصول الاقتصادى متواجدًا فى الحقل، وإلا تعرض النيتروجين للفقد.

إن استعمال الصليبيات — مثل *Brassica carinata*، و *B. nigra*، و *B. juncea* — كسماد أخضر يُقلب فى التربة يفيد كثيرًا فى مكافحة الفطر *Fusarium oxysporum* مسبب مرض الذبول الفيوزارى، من خلال تأثير مركبات الأيزوثيوسيانات isothiocynates — التى تنتج من تحلل تلك النباتات — على تثبيط نمو الغزل الفطرى وإنبات كلاً من الجراثيم الكونيدية والكلاميدية للفطر. وقد تبين أن أكثر مركبات الأيزوثيوسيانات تأثيرًا كانت الـ propenyl والـ ethyl، كما كانت مركبات أخرى منها، مثل الـ benzyl، والـ phenethyl ذات تأثير سام على الفطر كذلك (Smolinska وآخرون ٢٠٠٣).

كذلك أدت حراثة مخلفات البروكولى فى التربة إلى خفض معدلات إصابة القنبيط بذبول فيرتسيليم الذى يسببه الفطر *V. dahliae*، وذلك من خلال خفض المخلفات لأعداد الأجسام الحجرية microsclerotia للفطر (Subbarao & Hubbard وآخرون ١٩٩٦).

كما أدى قلب بعض أنواع الجنس *Brassica* فى التربة كسماد أخضر إلى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور. بتأثير الجليكوسينولات glucosinalets التى تنتجها تلك النباتات

على خفض أعداد النيماتودا فى التربة؛ ومن ثم خفض ما تحدثه من أضرار بجذور النباتات المنزرعة (Monfort وآخرون ٢٠٠٧).

أمكن تعريف نحو ١٠٠ نوع مختلف من الجلوكوسينولات، وهى تختلف تركيبيًّا — أساسًا — فى مجموعة الـ R، التى قد تكون أليفاتية aliphatic، أو أروماتية aromatic، أو مختلطة المجموعة الحلقية heterocyclic.

يؤدى تحلل الجلوكوسينولات بواسطة الإنزيم myrosinase إلى إطلاق أيونات الكبريتات والجلوكوز وعددًا من المركبات النشطة بيولوجيًّا، منها: الأيزوثيوسيانات isothiocynates والنيتريلات nitrils، والثيوسيانات thiocynates. وتتأثر نواتج التحلل بكل من مجموعة R والـ pH.

ومن بين نواتج تحلل الجلوكوسينولات تعد الأيزوثيوسيانات هى الأقوى بيولوجيًّا، حيث تُعد مضادات حيوية قوية لكل من الفطريات والنديبات والحشرات، ويرجع تأثيرها القوى إلى تفاعلاتها بمجموعات الـ sulphydryl وروابط الـ disulphide، ومجموعة الأمينو فى البروتينات والأحماض الأمينية؛ ومن ثم تكوينها لمركبات ثابتة (Rosa & Rodrigues ١٩٩٩).

وقد أدت زراعة الأغطية النباتية شتاءً، ثم قطعها فى الربيع وتركها على سطح التربة كغطاء mulch جاف قبل شتل الطماطم إلى الحد من نمو الحشائش، وكانت أكثر الأغطية النباتية فاعلية الشوفان، ولكن خليط من الشوفان مع الـ hairy vetch (وهو *Vicia villosa*) أعطى أكبر قدر من المادة العضوية (٧,٩ طن مادة جافة/هكتار)، بينما أعطى غطاء الـ hairy vetch منفردًا أكبر قدر من النيتروجين (٢٥٨ كجم N/هكتار) (Campiglia وآخرون ٢٠١٠).

التحميل وزراعة النباتات المرافقة

يفيد التحميل — فى الزراعات العضوية — فى توفير حماية جزئية من الإصابات

الحشرية، حيث تبذل الحشرة جهدًا أكبر فى البحث عن عائلها المحبب لها بين المحاصيل المزروعة، وتتعرض أثناء حركتها للأعداء الطبيعية. ويجب اختيار المحاصيل التى تُزرع معًا بحيث لا تتعارض فى نموها أو فى احتياجاتها من عمليات الخدمة، كما يجب ألا تكون من نفس العائلة النباتية أو تصاب بنفس الحشرات.

وأدت زراعة نباتات مرافقة companion plants للكنتالوب، سواء أكانت من تلك الطاردة لخنافس الخيار (مثل الفجل، وحشيشة الدَّود *Tanacetum vulgare*، وأبو خنجر *Tropaeolum* spp.)، أو الجاذبة للحشرات النافعة (مثل الحنطة السوداء *Fagopyrum esculentum*، واللوبيا، والحندقوق *Melilotus officinalis*) إلى زيادة النمو الخضرى ونقص أعداد خنافس الخيار، وخاصة خنفساء الخيار المخططة (Cline وآخرون ٢٠٠٨).

خلط المخلفات النباتية بالتربة

تؤدى حراثة بعض المخلفات النباتية فى التربة إلى التأثير سلبيًا على بعض مسببات الأمراض التى تعيش فى التربة؛ حيث تقل أعدادها؛ وبذا .. تسهل مكافحتها.

ومن أمثلة مسببات الأمراض التى أمكن مكافحتها بهذه الطريقة ما يلى (عن Palti ١٩٨١):

المرض	مسبب المرض	المخلفات النباتية التى أفادت فى مكافحته
ذبول البطاطس	*Verticillium albo-atrum*	قش الشعير
القشف الأسود فى البطاطس	*Rhizoctonia solani*	قش القمح
عفن الجذور الأسود فى الفاصوليا	*Thielaviopsis basicola*	مخلفات الشوفان، والذرة، والبرسيم الحجازى
عفن أفانوميس فى البسلة	*Aphanomyces euteiches*	مخلفات الصليبيات

وأدى خلط تفل الزيتون (الكسب الناتج بعد استخلاص زيت الزيتون بالعصر) بالتربة إلى تثبيط الإصابة بالهالوك فى الطماطم والبسلة والفول (Ghoshen وآخرون ١٩٩٩).

إضافات الأسمدة الحيوانية

إن إضافة الأسمدة العضوية الحيوانية الكاملة التحلل – والخالية من مسببات الأمراض – إلى التربة تؤدى إلى تثبيط نشاط وتكاثر مختلف مسببات الأمراض التى تعيش فى التربة؛ ويرجع ذلك إلى التحول المفاجئ الذى يحدث فى أعداد ونوعيات مختلف الكائنات الدقيقة فى التربة لدى إضافة السماد العضوى الحيوانى إليها، ذلك لأن هذه الأسمدة تحتوى على أعداد هائلة من هذه الكائنات، فضلاً عما توفره من طاقة لنمو وتكاثر هذه الكائنات والكائنات المماثلة الموجودة أصلاً فى التربة. ويكون لنشاط هذه الكائنات الدقيقة – وما تفرزه خلال نشاطها من مضادات حيوية – تأثيرات سلبية كبيرة على نشاط مسببات الأمراض فى التربة.

تتوفر أدلة عديدة على أن التسميد العضوى الجيد يمكن أن يؤدى إلى مقاومة عديد من المسببات المرضية، منها:

Aphanomyces spp.	*Fusarium* spp.
Macrophomina phaseolina	*Pyrenochaeta omnivorum*
Phytophthora spp.	*Pyrenochaeta lycopersici*
Rhizactonia solani	*Sclerotinia* spp.
Sclerotium *spp.*	*Streptomyces* spp.
Thielaviopsis basicola	*Verticillium* spp.

وفى بعض الأحيان يُنشِّط السماد العضوى إنبات التراكيب الساكنة مثل الأجسام الحجرية sclerotia والجراثيم الكلاميدية chlamydospores والجراثيم البيضية oospores. ولكنها لا يمكنها منافسة النشاط الميكروبى الرمِّى، كما قد لا يتوفر لها العائل المناسب فتموت. وفضلاً عن ذلك فإن النشاط الحيوى القوى الذى يوفره السماد العضوى يمكن أن يمنع إنبات الجراثيم أو يؤدى إلى تحللها وموتها المباشر، ويُسهم فى

هذا الأمر كلا من *Pseudomonas* spp.، و *Streptomyces* spp.، والبروتوزوا protozoa (Whipps ١٩٩٧).

كما تُنشط الأسمدة العضوية نُموّ الكائنات المترممة فى التربة، التى تثبط – بدورها – نمو الكائنات الممرضة للنباتات. وعلى سبيل المثال .. وجد Asirifi وآخرون (١٩٩٤) أن تسميد حقول الخس بأى من سماد الماشية أو زرق الدواجن (سماد الكتكوت) ثبط نمو الفطر *Sclerotinia sclerotiorum* مسبب مرض عفن اسكليروتنيا الطرى.

التجهيز الجيد لحقل الزراعة

تؤدى الحراثة الجيدة وقلب المخلفات النباتية فى التربة إلى سرعة التخلص من مصدر الغذاء الذى يمكن أن يعتمد عليه المسبب المرضى فى غياب العائل، كما يعرضه للمنافسة القوية من كائنات التربة الأخرى.

كذلك يفيد تمزيق ودفن بقايا النباتات فى التربة فى زيادة فاعلية الدورة الزراعية وسرعة التخلص من المسببات المرضية التى قد توجد فيها. كذلك يساعد دفن البقايا النباتية فى تقليل فرصة وصول المسببات المرضية إلى المحاصيل التالية فى الدورة. أما تمزيق البقايا النباتية فإنه يساعد فى سرعة تحلل كلا من المادة العضوية والمسببات المرضية المتواجدة فيها. فمثلاً .. يمكن للبكتيريا المسببة للعفن الأسود فى الصليبيات أن تعيش على البقايا النباتية – غير المقطعة – فى التربة لمدة عام، ولكن تمزيق تلك البقايا يقلل مدة بقاءها إلى أقل من شهرين (عن Isakeit & Philley ٢٠٠٧).

هذا .. وتشتد الإصابة بعفن الجذور الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium solani* – عادة – فى الأراضى المندمجة compact؛ ولذا .. فإن التجهيز الجيد لحقل الزراعة وتفكيك التربة يفيد فى تجنب الإصابة الشديدة بهذا المرض. وكمثال على ذلك فإن تقليل انضغاط التربة بالحراثة الجيدة يعمل على خفض إصابة الفاصوليا بعفن الجذور الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusorium solani* f. sp. *phaseoli* (Harveson وآخرون ٢٠٠٥). وبينما يؤدى تفكيك التربة إلى سهولة النمو الجذرى فيها. فإن المجموع

الجذرى الضعيف لا يمكنه النمو فى الأراضى المندمجة. وفى المقابل .. وجد أن سلالات البسلة ذات المجموع الجذرى القوى تميزت بالقدرة الأكبر على النمو فى تلك الأراضى وفى وجود الفطر *F. solani* (Kraft & Boge ٢٠٠١).

زراعة المحاصيل الشراكية والصائدة والحاجزة

المحاصيل الشراكية والصائدة

تعرف المحاصيل الشراكية باسم Decoy Crops، وهى ليست من عوائل مسببات الأمراض التى تستعمل فى مكافحتها، ولكنها تزرع بهدف تنشيط إنبات ونمو الأطوار الساكنة من مسببات الأمراض التى تعيش فى التربة — فى غياب عوائلها المناسبة — الأمر الذى يؤدى إلى سرعة موتها والتخلص منها.

أما المحاصيل الصائدة Trap Crops فهى نباتات شديدة القابلية للإصابة بالآفات أو مسببات الأمراض التى تُستخدم تلك النباتات فى مكافحتها. ويستفاد من هذه النباتات فى المكافحة بزراعتها ثم قلبها فى التربة — أو حصادها — بعد إصابتها، ولكن قبل أن تتكاثر عليها المسببات المرضية وتكمل دورة حياتها؛ حيث يؤدى ذلك إلى خفض تواجد تلك المسببات المرضية فى التربة.

ومن أمثلة النباتات الصائدة ومسبباتها الأمراض التى تستخدم تلك النباتات فى مكافحتها ما يلى (عن Palti ١٩٨١).

المرض والمسبب المرضى والعائل	النباتات التى أفادت فى التخلص منه
تثآلل جذور الصليبيات *Plasmadiophora brassicae*	الزوان، و *Papaver rthoeas*، و *Reseda odorata*
الجرب المسحوقى فى البطاطس *Spongopora subterranea*	الداتورة
الهالوك *Orobanche* spp.	دوار الشمس، والقرطم، والكتان، والبرسيم الحجازى، والحمص

المرض والمسبب المرضي والعائل	النباتات التي أفادت في التخلص منه
العدار *Striga asiatica*	حشيشة السودان
نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.	*Tagetes patula*، و *Sesamum orientale*، والخروع، والأقحوان (الكريزانثيم)، والفول السوداني
نيماتودا تقرح الجذور *Pratylenchus penetrans*	*Tagetes patula*
النيماتودا *Trichodorus* spp.	الأسبرجس

ومن الأمثلة الأخرى للمحاصيل الصائدة، ما يلي:

١- زراعة الـ Hubbard Squash لجذب ثاقبة ساق الكوسة وخنفساء الخيار المخططة بعيدًا عن زراعات البطيخ والقرع العسلي والكنتالوب.

٢- زراعة الذرة السكرية أو العادية لجذبها (قبل بزوغ الحريرة) لثاقب الذرة الأوروبي بعيدًا عن زراعات الفلفل، وجذب دودة الكوز (دودة الثمار) بعيدًا عن زراعات الطماطم.

٣- زراعة الصليبيات ثم قلبها في التربة قبل اكتمال تطور النيماتودا المكونة للحوصلات فيها.

يتطلب اللجوء إلى المحاصيل الصائدة في مكافحة الحشرات الإلمام بكثير من الحقائق، كما يلي:

١- طريقة تغذية الآفة ووضعها لبيضها؛ علمًا بأن المحصول الصائد يجب أن يكون أكثر جاذبية للآفة — بكثير — كمصدر للغذاء وكموقع لوضع البيض عن المحصول المزروع.

٢- نظام تحرك الآفة في الحقل؛ ففي معظم الأحيان يُركَّز في زراعة المحاصيل الصائدة على جذب الآفة وتقييد حركة طورها المكتمل النمو، فلا تتحرك نحو المحصول الرئيسي. ولكن إذا ما كانت الأفراد الكاملة النمو لها قدرة عالية على الطيران، ولم يكن المحصول الصائد جاذبًا لها بالقدر الكافي، فإن الآفة قد لا تُقيَّد بواسطة المحصول الصائد.

٣- توزيع زراعة المحصول الصائد؛ فهل يزرع حول حقل المحصول الرئيسى، أم فى مساحات متناثرة فيه؟. يتوقف الأمر على نظام حركة الآفة، ولا توجد قاعدة لنظام زراعة المحصول الصائد يمكن أن تغطى كل الحالات، كذلك فإن الأمر يتوقف على ما إذا كان الحقل الإنتاجى شريطيًّا أم مربعًا.

٤- نسبة مساحة المحصول الصائد من المساحة المحصولية الإجمالية؛ فإن تلك النسبة يجب أن تكون الأفضل من الوجهتين الاقتصادية والعملية لأجل تحقيق الهدف المنشود.

٥- مصير الآفة التى تحط على المحصول الصائد؛ فما لم تمت الأطوار الصغيرة على المحصول الصائد قبل وصولها إلى طور اكتمال النمو، فإن حركتها إلى المحصول الرئيسى تُصبح أمرًا مؤكدًا. ولذا .. يتعين فحص المحصول الصائد بصورة دورية. هذا .. مع العلم بأن بعض النباتات الصائدة يمكن أن تكون جاذبة لوضع البيض عن المحصول الرئيسى، ولكنها لا تسمح بنمو اليرقات عليها؛ مما يؤدى إلى موتها، وذلك كما فى حالة الجرجير الأصفر yellow rocket الذى يجذب إليه الفراشة ذات الظهر الماسى لوضع بيضها بنحو ٢٤-٦٦ ضعف جذب الكرنب لها. لكن يرقات الحشرة لا يمكنها النمو على الجرجير الأصفر (Resource Guide for Organic Insect and Disease Management – الإنترنت – ٢٠٠٦).

المحاصيل الحاجزة أو العائقة

تفيد زراعة المحاصيل الحاجزة أو العائقة Barrier Crops فى منع انتقال الإصابات الفيروسية بواسطة المنّ، وذلك بإحاطة الحقل بحزام من محصول آخر، مع مكافحة الحشرة فى هذا الحزام.

كما يمكن خفض حدة الإصابة بفيرس تبقع الباباظ الحلقى الذى يصيب القرعيات بزراعة حزام من الذرة حول حقل القرعيات، حيث تحط حشرة المنّ المهاجرة إلى الحقل – من الحقول المجاورة – على نباتات الذرة الأكثر طولاً والأكثر جاذبية

للحشرة إذا قورنت بالقرعيات؛ حيث تسبر الذرة بأجزاء فمها الثاقبة الماصة عدة مرات — تفقد خلالها ما قد تحمله من جزيئات هذا الفيرس — قبل أن تنتقل إلى نباتات القرعيات.

وقد أدت زراعة حزام من البطاطس أو فول الصويا أو الذرة الرفيعة أو القمح حول حقول إنتاج تقاوى البطاطس إلى خفض نسبة الإصابة بفيرس واى البطاطس بصورة جوهرية — أيًا كان الحزام المزروع — وذلك مقارنة بترك مساحة الحزام كأرض محروثة. هذا .. إلا أن الحماية التى وفرها الحزام من الإصابة بالفيرس كانت أكبر ما يكون فى الخطوط الخارجية المجاورة للحزام، وأقل ما يكون فى الخطوط التى توجد فى مركز المساحة؛ بما يعنى أن زراعة الأحزمة الواقية حول حقول إنتاج تقاوى البطاطس يفيد إنتاج التقاوى الإليت عندما تكون الحقول بمساحة تقل عن ٠,٢ هكتار، أى حوالى نصف فدان (DiFonzo وآخرون ١٩٩٦).

كذلك أدت زراعة محاصيل حاجزة حول حقل لإنتاج الفلفل إلى وقايته من الإصابة بالفيروسات غير المتبقية التى ينقلها المنّ، وهى: فيرس واى البطاطس، وفيرس موزايك الخيار. خَدَمَ حزام المحاصيل الحاجزة كمتلق للفيروسات القادمة إلى الحقل من خارجه، وإن لم تؤثر فى وصول المنّ — بعد تجريده من تلك الفيروسات — إلى الفلفل. وقد بدا واضحًا أن كفاءة أحزمة المحاصيل الحاجزة تتوقف على الفيرس ذاته وخصائص نقله الحشرى، وارتفاع المحصول الحاجز وقت شدة تعرض الحقل الإنتاجى للمنّ المهاجر. هذا .. ويجب ألا يعمل المحصول الحاجز كمأوى لأى حشرة أو مسبب مرضى يمكن أن يشكل خطورة على المحصول المزروع (Fereres ٢٠٠٠).

المعاملة الحرارية للأجزاء الخضرية المستخدمة فى التكاثر

يؤدى تعريض الأنسجة النباتية لحرارة ٣٦°م إلى حدوث تثبيط كامل لبعض الفيروسات، بينما يحدث وقف لنشاط البعض الآخر. وبمضى الوقت يصبح النسيج

النباتى خاليًا من الفيرس. ومن أمثلة المعاملات التى تجرى تجاريًّا — للتخلص من الفيروسات فى الأجزاء الخضرية المستخدمة فى التكاثر — ما يلى:

١- تخليص درنات البطاطس من فيرس التفاف الأوراق potato leaf roll virus بحفظ الدرنات فى حرارة ٣٦°م لمدة ٢٠ يومًا.

٢- تخليص نباتات الفراولة من فيرس التبرقش strawberry mottle virus بحفظ النباتات فى حرارة ٣٧°م لمدة ٥٠ يومًا (Smith ١٩٧٧).

٣- كما وجد Kaiser (١٩٨٠) أن تخزين درنات البطاطس المصابة — فى حرارة ٣٧°م لمدة ٣-٦ أسابيع قبل زراعتها — أدى إلى تخليصها تمامًا من الفيروسات التالية:

فيرس التفاف أوراق البطاطس	Potato leaf roll virus
فيرس موزايك البرسيم الحجازى	Alfalfa mosaic virus
فيرس حلقة الطماطم السوداء	Tomato black ring virus

حيث لم تكتشف أى من هذه الفيروسات فى النباتات النامية من الدرنات المعاملة. هذا .. إلا أن التخزين فى حرارة ٣٧°م لمدة ٦ أسابيع أدى إلى خفض نسبة إنبات الدرنات إلى ٤٤٪-٧٨٪ فى ثمانية أصناف من البطاطس.

٤- كذلك تفيد المعاملة الحرارية فى تخليص الأجزاء الخضرية المستعملة فى التكاثر من مسببات أمراض أخرى، كما يلى (عن Palti ١٩٨١):

المحصول والجزء الخضرى المعامل	المسبب المرضى الذى يتم التخلص منه	المرض الذى يسببه
جذور البطاطا	الفطر *Ceratocystis fimbriata*	العفن الأسود
	الفطر *Monilochaetes infuscans*	القشف Scurf
	النيماتودا *Meloidogyne incognita*	تعقد الجذور
درنات اليام	النيماتودا *Scutellonema brodys*	
أبصال وبصيلات البصل	الفطر *Peronospara destructar*	البياض الزغبى
شتلات الفراولة	النيماتودا *Aphelenchoides fragariae*	
	النيماتودا *A. ritzemabosi*	

التكاثر بالتطعيم

يقتصر إكثار الخضر بالتطعيم على خضر معينة؛ هي على وجه التحديد: البطيخ، والخيار، والقاوون (الكنتالوب) بأنواعه، والطماطم، والباذنجان.

ويتم إكثار هذه الخضر بالتطعيم لتحقيق عدة أهداف، كما يلي:

١- زيادة تحمل النباتات للحرارة المنخفضة، والملوحة العالية، وغدق التربة.

٢- تحفيز امتصاص الماء والعناصر الغذائية.

٣- زيادة قوة النمو النباتي، وطول فترة الحصاد.

٤- مكافحة بعض الأمراض الهامة التي تعيش في التربة، وتصيب النباتات عن طريق الجذور.

إن من أهم الأمراض التي تمت مكافحتها بكفاءة عن طريق التطعيم على أصول مقاومة الذبول الفيوزاري، والذبول البكتيري، وذبول فيرتسيليم، وعفن جذور مونوسبراسكس monosporascas root rot والنيماتودا، كما أحدث التطعيم — أحيانًا — زيادة في قدرة تحمل النباتات لأمراض النموات الخضرية الفطرية والفيروسية، وكذلك لبعض الحشرات (King وآخرون ٢٠٠٨).

ويذكر Lee (١٩٩٤) الأصول المبينة في جدول (٦-٢) — كأمثلة — لمقاومة أمراض الطماطم التي تعيش مسبباتها في التربة.

جدول (٦-٢): المقاومة التي توفرها بعض أصول الطماطم الشائعة الاستعمال في كل من كوريا واليابان ضد الإصابة ببعض الأمراض التي تعيش مسبباتها في التربة[أ].

الأصل الجذري	فيرس موزايك التبغ	نيماتودا تعقد الجذور	*Pyrenochaeta lycopersici*	*Verticillium dahliae*	*Fusarium oxysporum*	*Ralstonia solanacearum*
BF	S	S	S	S	R	R
LS89	S	S	S	S	R	R

تابع جدول (٦-٢).

الأصل الجذرى	موزايك التبغ	تعقد الجذور	نيماتودا	فيرس		
					Fusarium oxysporum	*Ralstonia solanacearum*
PFN	S	R	R	S	S	R
PFNT	R	R	R	S	S	R
KNVF	R	R	R	R	R	S
KNVF Tm						
Signaal	R	R	R	R	R	S
KCFT-N	R	R	R	S	R	S

(أ): R = مقاوم Resistant، و S = قابل للإصابة Susceptible.

ونعطى – فيما يلى – مزيدًا من الأمثلة لحالات نجح فيها التطعيم على أصول معينة فى مكافحة أمراض هامة:

● أفاد تطعيم البطيخ على اليقطين *Lagenaria siceraria* فى مكافحة مرض الذبول الفيوزارى (Liu وآخرون ١٩٩٥).

● أجريت اختبارات على عدد من أصول الكنتالوب – التى تعرف بمقاومتها التامة أو الجزئية للسلالة 1,2 من الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* – لأجل التعرف على مستوى مقاومتها للفطر *Didymella bryoniae*، حيث ظهرت مستويات عالية من المقاومة مع كل من الأصول التالية:

Cucumis anguria

C. ficifolius

C. figarei

C. metuliferus

C. zeyheri

Benincasa hispida

● كذلك كانت الأصول الهجين التجارية ELSI، و ES 99-13، و RS 841 من الجنس *Cucurbita* على مستوى عال مماثل من المقاومة للفطر (Trionfetti Nisini وآخرون ٢٠٠٠).

● يفيد تطعيم الكنتالوب على أصول ذات نمو جذرى كثيف وقوى – مثل Pat 81 من *Cucumis melo* subsp. *agrestis* – فى حمايته من الإصابة بالتدهور (Dias وآخرون ٢٠٠٢).

● أمكن مكافحة الفطر *Fusorium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* مسبب مرض عفن الجذور والساق فى الخيار بالتطعيم على أصول من هجين الـ *Cucurbita* التجارية Peto 42.91، و TS-1358؛ و TZ-148، مع الحصول على صفات جودة ثمرية عالية (Pavlou وآخرون ٢٠٠٢).

● استُخدم لمكافحة الذبول البكتيرى فى الطماطم – الذى تسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum* أصلين مقاومين. هما أصل الباذنجان EG203، وأصل الطماطم Hawaii 7996. ولقد تراوحت نسبة الإصابة عندما استخدم أصل الباذنجان بين صفر٪، ٢,٨٪، مقارنة بنسبة إصابة تراوحت بين ٢٤,٤٪، و ٩٢,٩٪ فى نباتات الكنترول غير المطعومة. وبينما أدت إضافة مخلوط من اليوريا والجير المطفى للتربة إلى زيادة فاعلية أصل الطماطم فى مقاومة الذبول البكتيرى، فإن تلك الإضافة – التى كان لها تأثير مثبط على البكتيريا – لم تكن مؤثرة فى زيادة فاعلية أصل الباذنجان (Lin وآخرون ٢٠٠٨).

● كذلك وجد فى الطماطم أن استعمال الأصل Maxifort أدى إلى مكافحة الذبول الفيوزارى بصورة تامة، بينما أدى استعمال أى من الأصلين CRA 66، و Hawaii 7996 إلى التخلص من الإصابة بالذبول البكتيرى، الأمر الذى يفيد كثيرًا فى مكافحة المرضين عند إنتاج الأصناف غير المقاومة لهما والتى تكون متميزة بصفات جودة عالية، كما فى الأصناف القديمة المتميزة heirloom varieties (Rivard & Louws ٢٠٠٨).

طريقة الزراعة

لطريقة الزراعة تأثيرات كبيرة على الإصابة بالأمراض، كما يتبين من المناقشة التالية:

الزراعة على مصاطب مرتفعة

تساعد الزراعة على مصاطب مرتفعة فى سرعة تصريف مياه الأمطار، ومياه الرى بالرش أو بالتنقيط، فلا تتعرض الجذور للإصابة بالأعفان. كما تعمل المصاطب المرتفعة – كذلك – على رفع حرارة التربة؛ مما يساعد على سرعة إنبات البذور وتقليل فرصة تعفنها (عن Isakeit & Philley ٢٠٠٧).

كثافة الزراعة

أمكن الحد من إصابة الفاصوليا بالفطر *Sclerotinia sclerotiorum* مسبب مرض العفن الأبيض تحت ظروف الرى بالرش بخفض كثافة الزراعة إلى أربعة نباتات – تبعد عن بعضها البعض بمسافة متساوية – فى كل متر مربع (Vieira وآخرون ٢٠١٠).

مسافة الزراعة

نجد بصورة عامة أن شدة الإصابات المرضية تزداد بنقص مساحة الزراعة.

فمثلاً .. وجد أن شدة إصابة ثمار الفراولة بالبوتريتس تزداد بنقص مسافة الزراعة بين النباتات من ٤٦ سم إلى ٢٣ سم، إلاّ أن المحصول يزداد فى المسافات الضيقة على الرغم من الإصابة (Legard وآخرون ٢٠٠٠).

عمق الزراعة

تؤدى زيادة عمق الزراعة – خاصة فى الأراضى المتوسطة القوام والثقيلة – إلى ضعف تعرض درنات البطاطس للإصابة بالفطر *Phytophthora infestans*. الذى يمكن لجراثيمه السابحة وأكياسه الجرثومية الانتقال إلى أسفل سطح التربة مع حركة الماء. ولكن ذلك

الانتقال يكون لمسافة أكبر فى الأراضى الخفيفة عما فى سواها (Porter وآخرون ٢٠٠٥).

أغطية التربة (الملش)

يفيد استعمال أغطية التربة (الملش mulches) فى مكافحة الحشرات الناقلة للأمراض الفيروسية وبخاصة المنّ والذبابة البيضاء — وبذلك يمكن خفض أو تأخير الإصابة بعديد من الأمراض الفيروسية.

وبالنسبة للمنّ .. فإنه نادرًا ما يفيد استعمال المبيدات — حتى تلك غير المصرح بها فى الزراعة العضوية — فى مكافحة الأمراض الفيروسية التى تنقلها الحشرة؛ ذلك لأنها تكون — غالبًا — غير متبقية، ولا يستغرق اكتساب الحشرة للفيرس — عادة — أكثر من ١٥ ثانية من تغذيتها على نبات مصاب، ويمكن للحشرة التى اكتسبت الفيرس أن تنقله مباشرة إلى نبات سليم — دون أن تمر بفترة حضانة — وذلك فى خلال ١٥ ثانية أخرى من تغذيتها عليه. ويعنى ذلك أن الحشرة الحاملة للفيرس يمكنها نقله إلى النبات السليم قبل أن يقضى عليها المبيد.

كذلك يفيد استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة فى خفض شدة الإصابة ببعض الأمراض والآفات الأخرى.

الأغطية البلاستيكية العاكسة للضوء

تستعمل لهذا الغرض الأغطية البلاستيكية (أغطية البوليثيلين) البيضاء أو ذات السطح الفضى. توضع هذه الأغطية على سطح التربة قبل الزراعة لتحقيق عدة أهداف، ولكن ما يهمنا فى هذا المقام أنها تعمل على طرد الحشرات؛ بسبب انعكاس الأشعة فوق البنفسجية من عليها؛ الأمر الذى يحدث ارتباكاً لبعض الحشرات (مثل: المنّ، والتربس، والذبابة البيضاء، وصانعات الأنفاق) عندما تحاول أن تحط على النباتات، وبذا فهى تفيد فى مكافحة الحشرات ذاتها، وفى الحد من انتشار الأمراض الفيروسية التى تنقلها تلك الحشرات.

ومن بين الفيروسات التى تكافح بهذه الطريقة — فى الولايات المتحدة — فيرس موزايك الخيار وفيرس Y البطاطس فى الفلفل، وفيرس موزايك البطيخ فى الكوسة، وغيرها من الفيروسات، وخاصة الفيروسات غير المتبقية التى ينقلها المنّ، والتى لا يفيد معها — كثيرًا — استعمال المبيدات ضد المنّ؛ حيث يمكن أن تنقل الحشرة الفيرس إلى النبات السليم قبل أن تموت بفعل المبيد.

الأغطية البلاستيكية الصفراء الجاذبة للحشرات

يفيد استخدام البلاستيك (البوليثيلين) الأصفر – كغطاء للتربة فى حالة الطماطم — فى خفض معدلات الإصابة المبكرة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم؛ لأنه يجذب إليه حشرة الذبابة البيضاء الناقلة للفيرس؛ مما يؤدى إلى موتها بفعل ملامستها للبلاستيك الساخن (عن Cohen & Melamed-Madjar ١٩٧٨).

كما وجد أن الأغطية البلاستيكية الصفراء — وبدرجة أقل الأغطية البرتقالية اللون — تجذب إليها حشرة منّ الخوخ *Myzus persicae* (عن Csizinsky وآخرين ١٩٩٥).

دور أغطية النباتات

توفر الأغطية النباتية الطافية floating plant covers (أو suspended row covers) — وهى أغطية توضع فوق النباتات مباشرة فى خطوط الزراعة — حماية من عديد من الإصابات الفيروسية التى تنقلها الحشرات، وخاصة تلك التى تنقلها حشرات المنّ، والذبابة البيضاء، والتربس.

وهذه الأغطية غير منسوجة، وتصنع إما من البولسترين (مثل: Agryl P17، و Agronet)، وإما من البولى بروبلين (السلوفان مثل: Base UV17)، وهى خفيفة الوزن؛ حيث لا يزيد وزنها على ١٧ جم لكل متر مربع؛ وتسمح بنفاذ الماء والهواء، ونحو ٩٠٪–٩٥٪ من الضوء الساقط عليها؛ كما تسمح برش المبيدات من خلالها، ولا تؤدى إلى تكثيف الرطوبة. وتعمل التهوية الجيدة من خلالها على منع خفقان الغطاء بفعل الرياح.

توضع هذه الأغطية إما على النباتات مباشرة، وتثبت من الحواف بالتربة على ألا تكون مشدودة لكى تسمح بالنمو النباتى، وإما أنها توضع على أقواس سلكية متباعدة تُثبت على خطوط الزراعة. والطريقة الثانية هى المفضلة، ويلزم معها تغليف الأقواس السلكية بخراطيم رى بالتنقيط مُسْتَهْلَكة للمحافظة على الغطاء من التمزق.

تستعمل هذه الأغطية فى الزراعات الحقلية لوقاية النباتات من جميع الأمراض الفيروسية التى تنقلها الحشرات، فهى — مثلاً — تستخدم بصورة تجارية لحماية الطماطم من فيرس تجعد واصفرار الأوراق فى منطقة الشرق الأوسط. وفى حماية الكوسة من فيرس تجعد أوراق الكوسة.

وإلى جانب الحماية من الإصابات الفيروسية، فإن الأغطية النباتية تحمى النباتات — ابتداء — من الإصابات الحشرية. فمثلاً .. وفّرت هذه الأغطية حماية لنباتات الكرنب من الإصابة بكل من المنّ، والفراشة ذات الظهر الماسى، ويرقات رتبة حرشفية الأجنحة، الأمر الذى قلل كثيرًا من الحاجة إلى استعمال المبيدات الحشرية.

وفى حالة القرعيات — وهى من المحاصيل الخلطية التلقيح — يتعين رفع الغطاء عن النباتات عند بداية مرحلة ظهور الأزهار المؤنثة.

وإلى جانب الأغطية النباتية المصنوعة من البوليسترين والبولى بروبلين، فقد ظهرت — كذلك — أغطية طافية خفيفة الوزن مصنوعة من البوليثيلين Spunboded polyethylene row covers. وقد نجح استعمال هذه الأغطية — فى فلوريدا — فى حماية الكوسة من الإصابة بكل من الفيروسات التى ينقلها المنّ، والتلون الفضى الذى تحدثه تغذية الذبابة البيضاء، فضلاً عن استبعاد الغطاء للمنّ، والذبابة البيضاء، وحشرات أخرى؛ الأمر الذى أدى إلى زيادة المحصول بدرجة كبيرة للغاية مقارنة بعدم التغطية، وكانت الزيادة فى المحصول أكبر عندما ترك الغطاء فى مكانه إلى ما بعد بداية الإزهار بمدة أسبوع واحد على الأقل (Webb & Linda ١٩٩٢).

وأدى استعمال أغطية البولى بروبلين الطافية إلى حماية نباتات الطماطم من كل من

فيرس ذبول الطماطم المتبقع الذى ينقله إليها التربس، وفيرس موزايك الخيار والذى ينقله إليها المنّ (Pentangelo وآخرون ١٩٩٩).

كما يؤدى استعمال الأغطية النباتية الطافية لنباتات الكوسة بعد شتلها مباشرة ولمدة ١٨ يومًا فقط (حيث أزيلت بعد ذلك للسماح بتلقيح النحل للأزهار) إلى زيادة المحصول بنسبة ٦٠٪ بسبب حماية الغطاء لها من الإصابة بالذبابة البيضاء التى تنقل لها فيروسات الجيمنى (Jensen وآخرون ١٩٩٩).

تغطية النباتات بشباك بيضاء طاردة للحشرات

أدى وضع شباك بوليثيلين بيضاء اللون – أعلى مستوى نباتات الفلفل بنحو ٥٠سم – إلى خفض معدل إصابتها بفيرس موزايك الخيار وفيرس Y البطاطس اللذين ينقلهما المنّ. وكانت الشباك البيضاء أكثر فاعلية من كل من: الشباك الصفراء اللون، والشباك ذات اللون الرمادى الفاتح.

وأوضحت الدراسات أن استعمال شباك ذات فتحات بأبعاد ١٠ × ٣ مم، وخيوط قطرها ١,٣ مم – والتى تقلل الإضاءة بنحو ٢٠٪ – كان أفضل من غيرها؛ وذلك لانخفاض أسعارها، مع احتفاظها بفاعليتها فى طرد الحشرات الناقلة للفيروسات.

وقد كان متوسط أعداد المنّ فى مساحة ٣٠ × ٣٠ سم هو ٦,٦ فردًا تحت الشباك البيضاء، مقارنة بنحو ٤٦,٠ فردًا تحت الشباك الصفراء، و ٥٥,٣ فردًا فى معاملة الشاهد بدون شباك.

وتؤدى الشباك دورًا مزدوجًا؛ فهى تطرد المنّ بما تعكسه من ضوء، كما أنها تخفى المحصول عن المنّ الذى لا يزيد مدى رؤيته على ٥٠ مم (عن Palti ١٩٨١).

المكافحة الميكانيكية للحشرات

أمكن مكافحة عديد من الحشرات الصغيرة فى حقول الفراولة بواسطة شفطها بجهاز

يمر على مصاطب الزراعة يطلق عليه اسم بيوفاك Biovac، وهو جهاز صُمِّمَ خصيصًا للفراولة؛ حيث يخلص النباتات من الجزء الأكبر من تلك الحشرات. ويوصى بعدم استعمال الجهاز بين الساعة الثامنة صباحًا والسادسة مساءً وهى الفترة التى ينشط فيها النحل؛ ذلك لأن مروره فى وجود النحل — فى أحد الاختبارات — أدى إلى طيران ١٩٪ فقط من أفراد النحل، ومن بين الأعداد المتبقية .. شفط الجهاز ٦١٪ منها، بينما تعلقت الباقيات (٣٩٪) بالنباتات (Chiasson وآخرون ١٩٩٧).

كما أمكن خفض أعداد عديد من الحشرات — مثل الذبابة البيضاء والمنّ، و *Empoasca* spp. — بمعدلات تراوحت بين ٥٠٪، و ٧٥٪ بطريق الشفط الهوائى من أعلى المصاطب بعد تحريك تلك الحشرات من أماكنها بالأوراق بدفع تيار هوائى قوى من جانبى المصطبة. أما صانعات الأنفاق فلم تكن تلك الطريقة مؤثرة معها بسبب قدرتها القوية على الطيران (Weintraub وآخرون ١٩٩٦).

وقد أمكن بتلك الطريقة تقليص أعداد الذبابة البيضاء فى حقول الكنتالوب بنسبة ٣٠٪ إلى ٦٠٪ عن طريق شفطها. أجرى ذلك بتركيب وحدة على الجرار تقوم أثناء سيره على مصاطب الكنتالوب بدفع تيار هواء قوى على جانبى المصطبة نحو النباتات فى الوقت الذى يتم فيه شفط الهواء بالتفريغ من أعلى النباتات (Weintraub & Horowitz ١٩٩٩).