الفصل الثانى

الممارسات الزراعية

إن الممارسات الزراعية التى تحد من الإصابة بالأمراض والآفات هى الأساس فى أى برنامج للمكافحة المتكاملة، وبدون الاختيار الدقيق لتلك الممارسات لا تُجدى كثيرًا أى وسائل أخرى فى المكافحة.

تتنوع كثيرًا الممارسات الزراعية، ويتعين التفكير فيها بداية من التخطيط للزراعة والالتزام بتطبيق المناسب منها من الزراعة وحتى الحصاد، وهى تتضمن كافة العمليات والمعاملات الزراعية التى تُعد من صُلب الأسس العامة لإنتاج مختلف المحاصيل البستانية والحقلية، والتى نلقى عليها الضوء فى هذا الفصل.

الدورة الزراعية

تلعب الدورة الزراعية 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 الصيلبيات. 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 (يراجع لذلك حسن ١٩٩٨)، 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.

ونقدم — فيما يلى — بيانًا بطول الفترة التى يتعين عدم زراعة المحصول القابل للإصابة بمرض معين خلالها (عن Mulrooney ٢٠٠٨، و Ashley ٢٠٠٨).

المحصول	المرض	فترة عدم زراعة المحصول القابل للإصابة
الأسبرجس	عفن الجذور والتاج الفيوزارى	لا تجوز الزراعة قبل تعقيم التربة
الفاصوليا	أعفان الجذور	٣–٤ سنوات
	الأنثراكنوز	سنتان
	اللفحة البكتيرية	سنتان
	عفن القرون الأبيض	عدة سنوات مع تجنب زراعة الطماطم والبطاطس والخس والكرنب
البنجر	تبقع الأوراق السركسبورى	٣ سنوات
الكرنبيات	القدم السوداء (فوما)	٣–٤ سنوات
	الساق السلكية وعفن الرأس (رايزكتونيا)	٣ سنوات
	العفن الأسود	٣–٤ سنوات
	تثأل الجذور	٧ سنوات
	الذبول الفيوزارى	الدورة قليلة الجدوى
الجزر	لفحات الأوراق	سنتان
الذرة السكرية	التفحم	٦ سنوات وقد لا تجدى الدورة
	لفحات الأوراق	٢–٣ سنوات
الخيار	الجرب وتبقعات الأوراق	سنتان
الكرفس	لفحات الأوراق	٢–٣ سنوات
الباذنجان	ذبول فيرتسيليم	٤ سنوات مع تجنب زراعة الباذنجانيات الأخرى والفراولة

المحصول	المرض	فترة عدم زراعة المحصول القابل للإصابة
	أعفان الثمار	٣ سنوات
الخس	عفن قاعدة النبات والسقوط	٣ سنوات
	تبقعات الأوراق	١-٢ سنة، مع تجنب زراعة القرعيات
الكنتالوب (القاوون)	الجرب	سنتان، مع تجنب زراعة القرعيات الأخرى
	الذبول الفيوزارى	٥ سنوات، وقد لا تكون الدورة مجدية
	لفحة الساق الصمغية	سنتان، مع تجنب زراعة القرعيات الأخرى
البصل	لفحات الأوراق	سنتان
البقدونس	الذبول الطرى	٣ سنوات
البسلة	أعفان الجذور	٣-٤ سنوات
	الذبول الفيوزارى	٥ سنوات أو أكثر
الفلفل	البقع البكتيرية	سنتان
	لفحة فيتوفثورا	سنتان، مع تجنب زراعة الطماطم والفلفل والقرعيات
	الأنثراكنوز	سنتان، مع تجنب زراعة الطماطم
البطاطس	ذبول فيرتسيليم	٣-٤ سنوات، مع تجنب زراعة الطماطم
	عفن اسكليروتنيا	٤ سنوات
	تقرحات رايزكتونيا	٢-٣ سنوات، مع زراعة محاصيل الحبوب
	رشح بثيم والجذر الوردى	٤ سنوات
	الجرب العادى	٣- سنوات، مع عدم زراعة محاصيل جذرية
الكوسة والقرع	العفن الأسود	سنتان على الأقل، مع تجنب زراعة القرعيات الأخرى
السبانخ	البياض الزغبى	سنتان
	الصدأ الأبيض	سنتان
الطماطم	التقرح البكتيرى	٣ سنوات
	البقع البكتيرية	سنتان مع تجنب زراعة الفلفل

المحصول	المرض	فترة عدم زراعة المحصول القابل للإصابة
	النقط البكتيرية	سنتان
	الندوة المبكرة	سنتان، مع تجنب زراعة البطاطس
	الأنثراكنوز	سنتان
البطاطا	القشف	٣ سنوات
	الجدرى	٣ سنوات
البطيخ	لفحة الساق الصمغية	سنتان، مع تجنب زراعة القرعيات الأخرى
	الذبول الفيوزارى	٥-٦ سنوات، وقد لا تجدى الدورة
	الأنثراكنوز	سنتان، مع تجنب زراعة القرعيات الأخرى

كذلك يفيد اتباع دورة زراعية مناسبة فى مكافحة عديد من البكتيريا المسببة للأمراض النباتية. فمثلاً .. البكتيريا *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* — مسببة مرض الجذع الأسود فى البطاطس — لا تبقى فى التربة — فى غياب عائلها — لأكثر من سنتين.

تعديل رقم حموضة التربة بما يقاوم أو لا يناسب انتشار الأمراض الهامة

ترجع أهمية رقم حموضة التربة (الرقم الأيدروجينى، أو الـ pH) إلى ما يلى:

١- يؤثر رقم الحموضة فى مدى تيسر العناصر الغذائية؛ فمعظم العناصر تثبت فى الأراضى القلوية، وخاصة العناصر الدقيقة؛ مثل: الحديد، والمنجنيز، والزنك، والنحاس، وكذلك يثبت الفوسفور، بينما تتيسر معظم العناصر المغذية الضرورية للنبات فى مدى pH يتراوح بين ٦,٠ و ٧,٠.

٢- يؤثر رقم حموضة التربة فى نشاط الكائنات الحية الدقيقة النافعة التى تعيش فيها؛ مثل بكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى (سواء منها التى تعيش بالتعاون مع جذور البقوليات، أم تلك التى تعيش معيشة حرة فى التربة)، والبكتيريا المترممة التى تقوم بتحليل المادة العضوية، والكائنات التى تعيش بالقرب من جذور النباتات (فى منطقة الرايزوسفير Rhizosphere). ويتراوح الـ pH المناسب لنشاط هذه البكتيريا بين ٦,٠ و ٧,٠ كذلك.

٣ – يؤثر الرقم الأيدروجينى للتربة – كذلك – فى انتشار بعض الأمراض، كما فى الحالات التالية:

أ– تشتد الإصابة بمرض الجذر الصولجانى فى الصليبيات – الذى يسببه الفطر *Plasmodiophora brassicae* – فى الأراضى الحامضية، بينما لا يظهر المرض فى pH من ٧,٢–٧,٤ (عن Thompson & Kelly ١٩٥٧).

ب– ينتشر مرض عفن جذور البسلة الذى يسببه الفطر *Aphanomyces euteiches* فى pH يتراوح بين ٥,٤ و ٧,٥.

جـ– يزداد انتشار مرض الذبول البكتيرى فى البطاطس الذى تسببه البكتيريا *Ralistonia solanacearum* فى pH أعلى من ٥,٠ (عن Palti ١٩٨١).

د– يكثر انتشار مرض جرب البطاطس – الذى يسببه الفطر *Streptomyces scabies* فى الأراضى القلوية، وتقل حدة المرض بخفض pH التربة (Yoshida وآخرون ١٩٩٤).

وقد أدى تعديل pH التربة فى الأراضى الحامضية بإضافة $CaCo_3$ أو إضافة $CaSiO_3$ بمعدل ٧٨٤٠ كجم للهكتار (٣٣٠٠ كجم للفدان)، وهو المعادل لكربونات الكالسيوم المستعملة إلى إحداث تأثير متساوٍ على pH التربة، إلاّ أن استعمال ملح السيليكون أدى إلى زيادة مستوى السيليكون فى النبات بمقدار خمسة أضعاف، وتأخير شيخوخة النموات الخضرية للقرع العسلى، وزيادة المحصول بمقدار ٦٠٪، وتخفيض شدة الإصابة بالبياض الدقيقى، وزيادة كفاءة المبيدات التى استخدمت فى مكافحة المرض (Heckman وآخرون ٢٠٠٣).

تعقيم التربة والبيئات والمواد المستخدمة فى الزراعة

يجب الاهتمام بتعقيم التربة بين الزراعات المتتالية، وخاصة فى المشاتل والزراعات المحمية بالصوبات؛ لأن استمرار الزراعة فى نفس الأرض يؤدى إلى تفشى الأمراض والحشرات التى تعيش فى التربة. ويكون من الضرورى التعقيم مرة واحدة سنويًا بين الزراعات، أو اتباع دورة زراعية؛ فيكون التعقيم بذلك على فترات أطول نسبيًا.

كما يلزم – أيضًا – تعقيم بيئات الزراعة التى تجهز من مواد قد تكون ملوثة بجراثيم الأمراض وبذور الحشائش؛ مثل: التربة، والأسمدة العضوية، وغيرهما، كما أن أوعية نمو النباتات – مثل: الأصص التى يعاد استخدامها، والصناديق البلاستيكية

والمعدنية، وطاولات الإنتاج السريع للشتلات (الشتالات) — تتلوث هى الأخرى بجراثيم الأمراض، ويلزم تعقيمها قبل إعادة استخدامها فى الزراعة.

هذا .. وتتنوع طرق التعقيم، كما تختلف الطرق فى تكلفتها وفى التجهيزات اللازمة لها، وفى مدى صلاحيتها تحت الظروف المختلفة، ومدى مناسبتها لتعقيم البيئات والمواد المختلفة. وهذا ما سنتناوله بالدراسة فى هذا الفصل.

التعقيم بالبخار

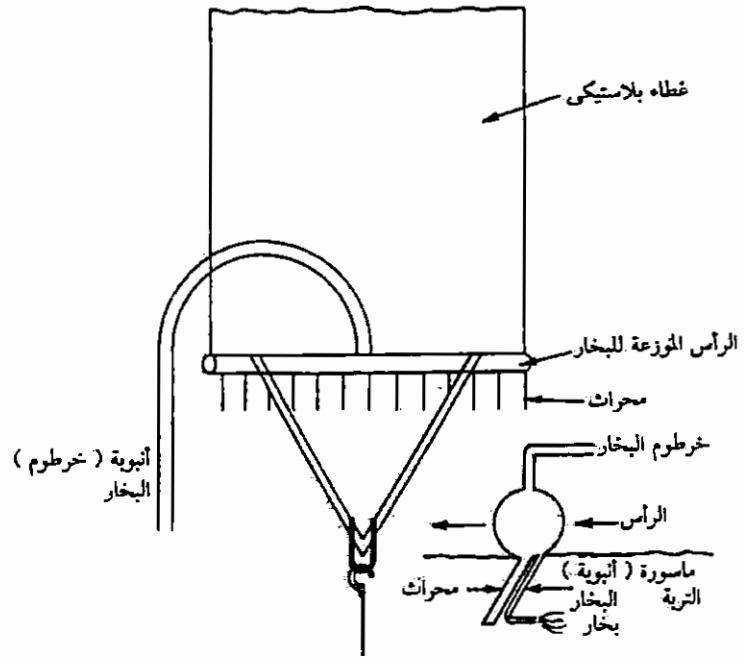
يعد التعقيم بالبخار من أكثر الطرق استخدامًا فى المناطق الباردة، وخاصة فى البيوت المحمية (الصوبات) التى تتم التدفئة فيها بالبخار.

طرق التعقيم بالبخار

تعقم التربة بحقنها بالبخار لمدة ٣٠ دقيقة، حتى تصل حرارتها إلى ٨٠°م–٨٥°م. ويتم الحقن بالبخار من خلال أنابيب مثقبةٍ تثبت فى تربة البيوت المحمية على عمق ٣٠سم، مع تغطية سطح التربة أثناء التعقيم برقائق بلاستيكية للمحافظة على رفع درجة حرارة التربة.

كما قد يتم حقن البخار فى تربة الحقل أو البيوت المحمية من خلال أنابيب عمودية بطول ٤٠–٤٥ 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 (شكل ٢–١). وتعتبر هذه الطريقة أقل تكلفة من الطريقة السابقة.

كما قد تعامل التربة بالبخار من خلال أنابيب مثقبة تمتد فوق سطح التربة، وتغطى برقائق من البلاستيك المقاوم للحرارة مع تثبيت حواف الرقائق جيدًا بواسطة التربة. ويؤدى ضخ البخار فى 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 فى التربة على مدى العناية بفلاحتها. وتعتبر هذه الطريقة أقل الطرق تكلفة (عن Nelson ١٩٨٥).



شكل (٢-١): تعقيم تربة الحقل والبيوت المحمية بالبخار (عن Nelson ١٩٨٥).

وعند تعقيم بيئات الزراعة وأوعية نمو النباتات بالبخار يراعى أن تستمر المعاملة لمدة ٣٠ دقيقة بعد أن تصل أبرد نقطة فى 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 — عند تعقيم الأحواض أو الشتّالات المستخدمة فى الزراعة — أن تفصل بينها مسافة ٢,٥ سم رأسيا ومن الجانبين؛ 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 حوارة البيئة إلى ١٠٠°م. ولهذا يفضل أن يكون التعقيم

على حرارة ٦٠°م– 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 فى درجة حرارة مخلوط الغازين قبل دخولهما فى البيئة المراد تعقيمها. ويوضح جدول (٢–١) درجات الحرارة اللازمة للقضاء على مختلف الآفات النباتية.

جدول (٢–١): درجات الحرارة اللازمة (لمدة ٣٠ دقيقة) للقضاء على مختلف الآفات النباتية.

درجة الحرارة (°م) لمدة ٣٠ دقيقة	الكائنات التى يتم التخلص منها
٥٠	النيماتودا
٥٣	فطر *Rhizoctonia solani*
٦٠	معظم البكتيريا المسببة للأمراض النباتية
٦٣	معظم الفطريات المسببة للأمراض
٦٠–٧١	الحشرات التى تعيش فى 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

حساب الاحتياجات الحرارية للتعقيم بالبخار

يلزم – عادة – نحو ١,٦ ميجاجول MJ (أو ٣٨١ كيلوكالورى) من الحرارة لرفع حرارة متر مكعب واحد من بيئة الزراعة درجة واحدة مئوية، إلا أنه يجب مضاعفة كمية الحرارة؛ نظرًا لأن كفاءة عملية التعقيم بالبخار تكون – عادة – فى حدود ٥٠٪. ويعطى كل رطل من البخار ٩٧٠ وحدة حرارة بريطانية عند تحوله من بخار على درجة ٢١٢°ف إلى ماء على نفس الدرجة، كما يعطى وحدة حرارية بريطانية أخرى عند كل انخفاض إضافى فى درجة الحرارة قدره درجة واحدة فهرنهيتية. فإذا كان تعقيم بيئة الزراعة على حرارة ١٨٠°ف، فإن ذلك يعنى انخفاض درجة حرارة الماء بمقدار ٣٢°ف، معطيًا بذلك ٣٢ وحدة حرارية بريطانية أخرى. ويعنى ذلك أن كل رطل من البخار ينتج

١٠٠٢ وحدة حرارية بريطانية، وبذلك يلزم نحو ٦ أرطال من البخار لتعقيم قدم مكعب من خلطة الزراعة على حرارة ١٨٠°ف (أو ٩٦ كجم من البخار/م^{٣} من الخلطة). هذا .. وتقدر مَقْدِرة أجهزة توليد البخار بقوة الحصان (hp)، وهى التى تعادل ٣٣٤٧٥ وحدة حرارية بريطانية لكل حصان.

ويوجد البخار فى الغلايات تحت ضغط حوالى ١٥ رطلاً على البوصة المربعة (٧٠٠-١٠٠ كيلو باسكال kPa). وهذا الضغط لا يؤدى إلى رفع درجة حرارة البخار إلا بقدر يسير لا يزيد كثيرًا من مقدرته على خزن الحرارة، ولكنه يفيد فى دفع البخار خلال البيئة. وبمجرد انطلاق البخار فى البيئة، فإنه يصبح تحت ضغط منخفض جدًا، لا يزيد على رطلٍ واحدٍ على البوصة المربعة (عن Nelson ١٩٨٥).

مشاكل التعقيم بالبخار، وما تجب مراعاته لتجنبها

قد يتسبب التعقيم بالبخار فى إحداث بعض المشاكل التى يمكن تجنبها بمراعاة ما يلى:

١- أن تكون التربة - أو مخلوط الزراعة - مفككةً؛ حتى تسمح للبخار بالنفاذ من خلالها بصورةٍ جيدةٍ.

٢- ألا يكون مخلوط التربة جافًا؛ لأن التربة الجافة تكون عازلة للحرارة. ويفيد ترطيب التربة فى إسراع عملية التعقيم، لكن زيادة الرطوبة على حد معين يبطئ مرة أخرى من عملية التعقيم، نظرًا لأن الحرارة النوعية للماء تبلغ خمسة أضعاف الحرارة النوعية للتربة؛ ويعنى ذلك أن كمية الحرارة التى تلزم لرفع حرارة جرامٍ واحدٍ من الماء درجة واحدة تبلغ خمسة أضعاف كمية الحرارة التى تلزم لرفع درجة حرارة وزن مماثلٍ من التربة بنفس القدر؛ وبذلك تصبح عملية التعقيم بطيئة، ويزداد استهلاك الوقود.

ويفضل دائمًا أن تكون الرطوبة مماثلة للرطوبة المثالية عند زراعة البذور، والتى تبلغ نحو ١٥٪ فى المخاليط التى تدخل التربة فى تكوينها. كما يجب أن تكون رطوبة مخلوط الزراعة متجانسة، حتى يكون التعقيم متجانسًا.

٣- لبذور بعض الحشائش المقدرة على مقاومة الحرارة، ويلزم لمكافحتها رفع الحرارة إلى ٩٥م-١٠٠°م. ولتجنب الحاجة إلى رفع درجة الحرارة كثيرًا، فإنه يوصى بترطيب

بيئة الزراعة لمدة ١-٢ أسبوع قبل الزراعة للسماح لهذه البذور ببدء الإنبات؛ حيث يسهل التخلص منها بعد ذلك فى درجة حرارة أقل بكثير.

٤- تجب إضافة كل المكونات الأخرى لبيئة الزراعة قبل التعقيم؛ نظرًا لأنه لا يطرأ عليها أى تغير، حتى لو ارتفعت حرارة أى من هذه المكونات إلى ١٠٠°م. ويستثنى من ذلك سماد الأزموكوت؛ نظرًا لأن التعقيم قد يُحدث تغيرات بغطائه؛ الأمر الذى يزيد من سرعة تيسر العناصر منه. وفى هذه الحالة يجب عدم تأخير استعمال بيئة الزراعة عن ٢٠ يومًا بعد التعقيم؛ حتى لا يزداد تركيز العناصر إلى درجة ضارة بالنباتات، لكن التعقيم على حرارة ٧١°م (١٦٠°ف) ليس له تأثير يذكر على سماد الأزموكوت.

٥- يجب دائمًا توفير غطاء بلاستيكى عند تعقيم مخاليط التربة أو الأرض بالبخار. وتستخدم لذلك شرائح البوليثيلين التى تستعمل لموسمٍ واحد فقط، لكن قد يعاد استخدامها عدة مرات خلال نفس الموسم. وقد تستعمل أغطية الفينيل Vinyl التى يمكن استخدامها ٢٥ مرة، أو أغطية النايلون المغطاة بالنيوبرين neoprenecoated nylon، وهذه يمكن استخدامها مرةٍ أو أكثر، لكن كلتيهما أكثر تكلفة من البوليثيلين.

٦- يجب عدم زيادة فترة تعقيم مخاليط الزراعة المحتوية على التربة عن ٣٠ دقيقة؛ لأن التعقيم بالبخار يعمل على تحول كميات كبيرة من المنجنيز الموجود فى التربة من حالة مثبتة إلى حالة ميسرة بدرجة تجعله سامًّا للنباتات، لكن هذه المشكلة لا تكون كبيرة فى حالة مخاليط الزراعة التى لا تحتوى على التربة.

٧- قد يؤدى البخار إلى إنتاج نيتروجين أمونيومى بكميات كبيرة عند استخدامه فى تعقيم بيئات الزراعة الغنية بالمادة العضوية، وهى كل البيئات المحتوية على سمادٍ عضوى، أو البيت الشديد التحلل، أو المكمورة. وقد يستمر إنتاج النيتروجين الأمونيومى لعدة أسابيع بعد التعقيم.

وحقيقة ما يحدث هو أن الكائنات الدقيقة تتغذى على هذه المواد العضوية، وتحصل منها على الكربون والنيتروجين وغيرها من المركبات. وتقوم البكتيريا المنتجة للأمونيا ammonifiying bacteria بتحويل النيتروجين فى المادة العضوية إلى نيتروجين أمونيومى، ويلى ذلك قيام البكتيريا المنتجة للنترات nitrifying bacteria بتحويل

النيتروجين الأمونيومى إلى نيتروجين نتراتى. وتنمو النباتات بصورة جيدة فى مخلوط من النيتروجين الأمونيومى والنيتروجين النتراتى، وتظهر بكثير من النباتات أعراض التسمم عند تغذيتها على النيتروجين الأمونيومى منفردًا.

وعادة ... يتحول النيتروجين الأمونيومى بصفة مستمرة إلى نيتروجين نتراتى بواسطة البكتيريا المنتجة للنترات، ولهذا فإنه يتواجد — دائمًا — مخلوط من صورتى الآزوت الأمونيومية والنتراتية، لكن التعقيم يؤدى إلى قتل كل البكتيريا، سواء المنتجة منها للأمونيوم، أم المنتجة للنترات. وفى خلال أسابيع قليلة تستعيد البكتيريا المنتجة للأمونيوم أعدادها، وتنتج الأمونيوم من المادة العضوية بكميات كبيرة، فى حين لا تستعيد البكتيريا المنتجة للنترات أعدادها الطبيعية إلا بعد أسابيع قليلة أخرى. وفى خلال هذه الفترة يزداد تركيز الأمونيا لدرجة قد تحترق معها الجذور، وتتقزم النباتات وتذبل، لكن بمجرد تزايد أعداد البكتيريا المنتجة للنترات، فإنها تقوم بتحويل الأمونيا المنتجة إلى صورة نتراتية أقل سُمية للنباتات، وتكون أكثر عرضة للغسيل من التربة مع الرى.

ولهذه الأسباب مجتمعة، فإن لا ينصح بإدخال السماد الحيوانى والمكمورة فى مخلوط الزراعة فى حالة تعقيمه بالحرارة.

٨- ومن المظاهر الأخرى لمخاليط الزراعة المعقمة بالبخار — والتى تعرضت لدرجات حرارة أعلى ولمدة أطول مما يوصى به — أنه ينمو بها الفطر *Pezzia ostrachoderma* بأعداد كبيرة؛ نظرًا لغياب المنافسة له من الكائنات الأخرى. وينتج هذا الفطر جراثيم تكون فى البداية بيضاء، ثم تتحول إلى اللون الأصفر، فالبنى. وينمو كذلك الفطر *Pyronema* sp.، منتجًا جراثيم وردية اللون. وهذه الفطريات لا تصيب النباتات، ولا ضرر منها، ولكن غزوها لمخاليط الزراعة المعقمة يؤكد سهولة تكاثر أى من الكائنات الدقيقة فى غياب المنافسة من الكائنات الدقيقة الأخرى (Baker & Roistacher ١٩٥٧، و Nelson ١٩٨٥).

التعقيم بالمبيدات وتبخير التربة

يُراعى عند تعقيم التربة بالمبيدات — بصورة عامة — ألا تقل الحرارة عن ١٠°م، وألا

تكون شديدة الارتفاع؛ ذلك لأن المبيد لا يتبخر، ولا ينتشر فى التربة بكفاءة فى الحرارة المنخفضة، وقد يتحرك إلى أسفل فى الحرارة المنخفضة، ثم يتجه إلى أعلى عند ارتفاع درجة الحرارة بعد ذلك؛ الأمر الذى يضر بالنباتات التى يتصادف وجودها حينئذٍ. كذلك يتبخر المبيد بسرعةٍ كبيرةٍ فى الحرارة العالية؛ الأمر الذى يؤدى إلى سرعة تسربه من التربة، فتقل كفاءة عملية التعقيم تبعًا لذلك.

كما يجب ترطيب التربة — بهدف تنشيط نمو الكائنات الدقيقة الساكنة — قبل تعقيمها بالمبيدات.

وأفضل حرارة لإجراء عملية التعقيم بالمبيدات هى ١٥°م– ٢٠°م.

وإلى جانب أهمية المبيدات فى التخلص من مسببات الأمراض والآفات التى تجد فى التربة مأوى لها .. فإنها تُنشّط النمو النباتى، وربما يحدث ذلك من خلال تحفيزها لعملية تيسر الآزوت من المواد العضوية المتوفرة بالتربة (عن Bravenboer ١٩٥٥).

شروط استخدام مبخرات التربة

تستعمل المبيدات النيماتودية ومبخرات التربة فى خفض أعداد نيماتودا تعقد الجذور والمسببات المرضية الفطرية. وبينما تعامل التربة بالمبخرات قبل الزراعة، فإن المبيدات النيماتودية من غير المبخرات تستعمل — عادة — قبل الزراعة بقليل أو أثناءها.

وتتحقق أكبر استفادة من مبخرات التربة بتوفر الشروط التالية:

١– تحضير التربة جيدًا قل تبخيرها بحراثتها عميقًا وتنعيمها وتكسير القلاقيل ودفن البقايا النباتية عميقًا فى التربة.

٢– إجراء المعاملة والتربة مستحرثة، فلا تكون شديدة الجفاف أو زائدة الرطوبة.

٣– إجراء المعاملة عندما تتراوح حرارة التربة بين ١٠، و ٢١°م؛ ليكون تبخير المبيد بالمعدل الأكثر فاعلية.

٤– التخلص التام من بقايا النباتات فى التربة لأنها تعيق توزيع أبخرة المبيد خلال التربة، وتمتصه بصورة لارجعة فيها، وتتعارض مع عمل الآلة المستعملة فى المعاملة

بالمبيد، وتمنع إحكام إغلاق سطح التربة لمنع تسرب الأبخرة منها، وتحمى النيماتودا وبيضها من فعل المبخر.

٥- إحكام إغلاق سطح التربة بعد المعاملة مباشرة؛ الأمر الذى يتحقق - غالبًا - بالتغطية بالبلاستيك، ولكن قد يفيد -أحياناً - الرى بالرش.

ويلزم - عادة - مرور نحو ثلاثة أسابيع بين المعاملة والزراعة عندما تكون حرارة التربة فى حدود ١٠°م، وذلك لتجنب الإضرار بالنباتات، ولكن قد تنخفض المدة إلى أسبوعين مع بعض المبخرات، على أن يكون ما لا يقل عن ٢-٧ أيام من تلك الفترة بعد رفع الغطاء البلاستيكى.

ولاختبار مدى أمان الزراعة فى أرض عوملت بالمبخرات تُجمع عينات من التربة المعاملة تكون ممثلة للطبقة المعاملة منها. توضع العينات فى أوعية زجاجية ذات غطاء يمكن إحكام غلقه. توضع عدة بذور من الفجل أو الخس أو اللفت ... إلخ على سطح عينة التربة فى الوعاء ويضغط عليها حتى تختفى فى التربة، ثم يغلق الوعاء جيدًا. تكرر العملية ذاتها فى وعاء آخر يحتوى على تربة غير معاملة. تلاحظ الأوعية الزجاجية لمدة ٢٤-٤٨ ساعة. يدل إنبات البذور على أن التربة أصبحت آمنة للزراعة فيها، ويدل عدم إنبات البذور فى عينة التربة المعاملة مع إنباتها فى العينة غير المعاملة على أن التربة المعاملة ليست آمنة - بعد - للزراعة فيها.

الفورمالدهيد

يستخدم الفورمالدهيد Formaldehyde فى تعقيم المشاتل الأرضية، ومخاليط الزراعة، وأوعية نمو النباتات، ويستعمل لذلك الفورمالين التجارى الذى تبلغ قوته ٣٧٪.

لتعقيم مخاليط الزراعة يستعمل الفورمالين التجارى بمعدل ٢,٥ ملعقة كبيرة فى كوب ماء لكل بوشل (١٠ لترات تقريبًا) من المخلوط. ويجب ألا تقل درجة حرارة المخلوط عن ١٣°م، وأن يُحاط بالبلاستيك أثناء المعاملة.

ولتعقيم أوعية نمو النباتات يخفف الفورمالين التجارى بالماء بنسبة ١ : ٢٠، وتغمر الأوعية والأدوات المراد تعقيمها فى المحلول المخفف، ثم تصفى منه، وتترك تحت غطاء

بلاستيكى لمدة ٢٤ ساعة، ثم تُكشف وترش بالماء عدة مرات إلى أن تختفى رائحة الفورمالدهيد، ويستغرق ذلك ٤ أيام.

أما تعقيم تربة المشاتل الحقلية فيتم برش الفورمالين التجارى المخفف بالماء بنسبة ١ : ٥٠ على سطح التربة — بعد تجهيزها — بمعدل حوالى ٢٠–٤٠ لترا/م^{٢}، ثم تُغطى التربة المعاملة بالبلاستيك لمدة يوم أو يومين، وبعد ذلك يرفع الغطاء، وتترك مهواة لمدة ١٤–٢١ يومًا قبل استعمالها فى الزراعة. ولا تزرع المشاتل قبل أن تزول منها رائحة الفورمالدهيد.

هذا .. وتعد أبخرة المبيد سامة للنباتات النامية؛ الأمر الذى يعنى عدم جواز استخدامه بالقرب من نباتات نامية، وخاصة لو وجدت النباتات مع التربة أو المواد التى يُراد تعقيمها فى حيزٍ واحدٍ مغلقٍ، كما فى الزراعات المحمية (عن Hartmann & Kester ١٩٨٣).

ويستدل من دراسات Avikainen وآخرين (١٩٩٣) على أن الفورمالين (٣٧٪ فورمالدهيد) أفاد فى مكافحة كل من: فطر البثيم مسبب مرض تساقط البادرات فى الخيار عند استعماله فى تعقيم بيئة زراعة أساسها البيت موس، وكذلك فطريات *Phomopsis sclerotioides*، و *Verticillium dahliae*، و *Didymella bryoniae* فى البيت.

التعقيم (أو التطهير) بهيبوكلوريت الصوديوم أو الكالسيوم

يستعمل هيبوكلوريت الصوديوم Sodium Hypochlorite، أو الكالسيوم Calcium Hypochlorite فى تطهير أوانى الزراعة التى يعاد استعمالها. ويستخدم لهذا الغرض مستحضرات التنظيف التجارية (مثل الكلوراكس Chlorox) التى تحتوى — عادة — على هيبوكلوريت الصوديوم بنسبة ٥,٢٪، بعد تخفيفها بالماء بنسبة ١ : ٥.

وقد أفاد هيبوكلوريت الصوديوم فى مكافحة كل من: فطر البيثيم *Pythium* — المسبب لمرض تساقط البادرات — فى البيت، و *Phomopsis sclerotioides* فى الرمل، و *Verticillium dahliae* فى الرمل والبيت (Avikainen وآخرون ١٩٩٣). كما وجد

Maheshwari & Saini (١٩٩٢) أن إضافة ١٠ كجم من مسحوق التبيض Bleaching Powder للهكتار (٤,٢ كجم للفدان) مع ماء الرى أدت إلى مكافحة مرض الجذع الأسود — التى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica* فى البطاطس بصورة أفضل من الرش بالاستربتوسيكلين Streptocycline أو أوكسى كلورور النحاس.

بروميد الميثايل

يتوفر بروميد الميثايل Methyl Bromide فى حالة سائلة تحت ضغط؛ إما فى عبوات صغيرة زنة رطل، وإما فى أنابيب كبيرة مثل أنابيب البوتاجاز. ويتبخر هذا السائل ويغلى عند حرارة ٤,٤°م بمجرد فتح غطاء العبوة. ولكى يتم التعقيم بصورة جيدة فإنه يلزم منظم خاص ينتقل بواسطته الغاز من العلب المعدنية عبر خراطيم بلاستيكية إلى التربة أو الأدوات — التى يراد تعقيمها —، والتى تغطى جيدًا بغطاء من البلاستيك.

يستخدم بروميد الميثايل بمعدل ٦٠٠ جم لكل مترٍ مكعبٍ من مخاليط الزراعة. تترك المخاليط معرضة للغاز تحت الغطاء لمدة يوم على الأقل فى حرارة ١٥°م أو أعلى من ذلك، أو لمدة يومين على الأقل فى حرارة ١٠°م. ولا تجب المعاملة فى حرارة أقل من ذلك. وبعد المعاملة يترك المخلوط دون غطاء لمدة يوم على الأقل فى الجو الدافئ، ويومين على الأقل فى حرارة ١٠°م. وبعد ذلك يمكن تداوله؛ كما يمكن زراعة البذور بعد ثلاثة أيام من التهوية.

وعند تعقيم المشاتل الحقلية، يجب حرث الأرض جيدًا أولا لعمق ٣٠ سم. وهو العمق الذى تنمو فيه معظم الجذور، وتنتشر فيه الآفات، ثم تروى وتترك حتى تصل رطوبتها إلى نحو ٥٠٪ من السعة الحقلية، أو حتى تصبح مستحرثة، وحينئذٍ تعامل بالمبيد بمعدل ٥٠جم/م^{٢} من الحقل فى الأراضى الرملية الخفيفة، تزاد إلى ٧٥ جم/م^{٢} فى الأراضى الثقيلة.

وفى حالة تعقيم مساحات كبيرة من الأرض — كما فى الصوبات والحقول — فإنه يلزم التحكم فى عملية التعقيم .. فتعلق أولاً أنبوبة الغاز من ميزان زنبركى؛ حتى يمكن

معرفة كمية الغاز المنطلقة؛ وبذا .. يمكن التحكم فى الكمية المستخدمة فى المساحات المراد تعقيمها.

ويتم توصيل الغاز إلى التربة عبر أنابيب من البوليثيلين بقطر نحو ٤ سم، بها ثقوب متقابلة قطرها ملليمتر واحد تقريبًا كل حوالى ٢٠ سم. تُمَد هذه الأنابيب على سطح التربة المراد تعقيمها. وعند التعقيم يتم توصيلها بأنبوب الغاز الرئيسى. ويتم — عادة — مد أنابيب البوليثيلين بطول ٥٠ م، وعلى بعد ١٠٠ سم من بعضها البعض؛ وبذا .. فإن أنبوبٍ منها يعقم شريطًا من الأرض مساحته ٥٠م^{٢} (١×٥م). والعادة هى السماح للغاز بالانطلاق فى خطين من أنابيب البوليثيلين فى المرة الواحدة؛ وبذلك يُعَقّم فى كل مرةٍ ١٠٠ متر مربع من الأرض.

وعندما يكون الرى بطريقة التنقيط، فإن خراطيم الرى يمكن أن تستخدم لتوزيع الغاز؛ إما إلى خطوط الزراعة فقط، وإما إلى كل مساحة الأرض.

هذا .. وتُغطَّى كل المساحة المراد تعقيمها بشرائح بلاستيكية شفافة بعرض ٤م، تطوى حوافها بعضها على بعض، مع إضافة التربة بين البلاستيك عند طى الأطراف لمنع تسرب الغاز. وإذا اقتصر التعقيم على خطوط الزراعة فقط، فإن التغطية بالبلاستيك تكون بشرائح عرض الشريحة متر واحد.

ويراعى عند التعقيم ألا تقل درجة حرارة التربة عن ٢٠°م، كما يجب تسخين الغاز بإمراره أولاً خلال أنابيب فى جهازٍ خاص؛ حيث يتعرض الغاز لحرارة ١١٠°م. ومع خروجه من الجهاز تكون حرارته قد وصلت إلى نحو ٨٠°م، ومع وصوله عبر الأنابيب إلى التربة المراد تعقيمها تكون حرارته قد انخفضت إلى ما يقرب من ٢٠°م.

يترك الغطاء على المساحة المعاملة لمدة يومٍ واحد فى حرارة ٢٠°م، ويومين فى حرارة ١٠°م، ثم يُرفع ويُسمح بالتهوية الجيدة لمدة ثلاثة أيام، ثم يُبدأ فى إعداد الأرض للزراعة، على ألا تزرع قبل أسبوع من انتهاء عملية التهوية.

ونظرًا لأن بروميد الميثايل غاز شديد السمية وعديم الرائحة، فإنه يخلط بالكلوروبكرين — وهو مبيد فعال كذلك — بنسبة ضئيلة (٢٪)، حتى يمكن التنبيه إلى رائحة الغاز فى حالة تسربه.

ويؤدى التعقيم ببروميد الميثايل إلى قتل بذور الحشائش (باستثناء الخبيزة التى تكون أقل تأثرًا)، والنيماتودا، ومعظم الفطريات (باستثناء فطر الفيرتسيليم الذى لا يقاوم بصورة مقبولة)، والبكتيريا، والحشرات التى توجد فى التربة (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

ويتوفر عدد من التحضيرات التجارية التى تحتوى على مخاليط من بروميد المثايل والكلوروبكرن بنسب متفاوتة، وتستعمل كما يستعمل بروميد الميثايل.

وتبعًا لاتفاقية مونتريال Montreal Protocol — الخاصة بالمواد التى تقضى على طبقة الأوزون — فإن استعمال بروميد الميثايل قد توقف فى الدول المتقدمة عند المستوى الذى كان عليه عام ١٩٩١ حتى عام ١٩٩٨، ثم انخفض بنسبة ٢٥٪ بين ١٩٩٩، و ٢٠٠٠. وبنسبة ٥٠٪ بين ٢٠٠١، و ٢٠٠٢، وبنسبة ٧٠٪ بين ٢٠٠٣، و ٢٠٠٤ إلى أن توقف نهائيًا عام ٢٠٠٥.

وقد سمحت الاتفاقية وملحقاتها بالاستمرار فى استعمال بروميد الميثايل فى تبخير المحصول والأجزاء النباتية لأغراض الحجر الزراعى بين الدول، وللأغراض الزراعية التى ليس لها بديل لاستعمال بروميد الميثايل.

كما سمحت الاتفاقية — كذلك — للدول النامية بالاستمرار فى استعمال بروميد الميثايل حتى عام ٢٠١٥ فقط، وللدول المتقدمة بإنتاج بروميد الميثايل للتصدير إلى الدول النامية المستمرة فى استعماله حتى ذلك التاريخ، وذلك كإجراء غير محفز للدول النامية على إقامة صناعات جديدة لهذا الغرض. وعلى الرغم من ذلك، فإن أسواق السوبر ماركت بالسوق الأوروبية المشتركة لا تسمح باستقبال أى منتجات يكون قد استعمل بروميد الميثايل فى إنتاجها، أو حتى فى إنتاج أى منتجات أخرى — غير تصديرية — فى نفس المزرعة.

الكلوروبكرن

يستخدم الكلوروبكرن Chloropicrin (وهو: trichloronitromethane) فى تعقيم التربة منفردًا إلى جانب استعماله مخلوطًا مع بروميد الميثايل.

يستعمل الكلوروبكرن فى تعقيم مخاليط التربة بمعدل ٥ مل (١ مل = ١سم^{٣}) لكل قدم^{٣} من مخلوط الزراعة (حوالى ١٨٥ مل لكل متر مكعب من مخلوط التربة)، أو نحو ٣٥ مل لكل متر مسطح من الأرض. ويجب ألا تقل حرارة مخلوط التربة أثناء المعاملة عن ١٣°م، كما يجب أن يمر أسبوعان بعد المعاملة قبل استخدام التربة فى الزراعة.

كما يمكن استعمال الكلوروبكرن فى تعقيم تربة الحقل أو البيوت المحمية بعد إعدادها للزراعة؛ وذلك بمعدل ٢٠٠ لتر للفدان؛ حيث يُعطَى ٣ مل من المبيد فى كل حقنة على أبعاد ٢٥ × ٢٥ سم. ويجب رى الأرض بعد المعاملة مباشرة؛ حتى لا يتسرب المبيد. كما تفضل تغطية المساحة المعاملة، على أن يرفع الغطاء بعد ٣–٤ أيام، وتترك لمدة ٧–١٠ أيام؛ حتى يتم التخلص من كل آثار المبيد قبل زراعة البذور؛ لأن الكلوروبكرن سام للنباتات، سواء أوصلها عن طريق الجذور أم عن طريق الهواء.

ويفيد الكلوروبكرن فى التخلص من الحشرات، والنيماتودا، وبذور الحشائش، وكل الفطريات، ما عدا القليل منها، إلا أنه يسبب مضايقات للقائمين باستعماله (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

وقد وجد أن التعقيم بالكلوروبكرن يؤدى إلى تحسين النمو بعد المعاملة، حتى فى غياب مسببات الأمراض. كما لوحظ أن تعداد البكتيريا يرتفع فى التربة المعاملة إلى ٢–٣ أضعاف التعداد العادى — الذى يوجد فى التربة غير المعاملة — لمدة مائة يوم بعد المعاملة، ويصاحب ذلك تيسر النيتروجين من المادة العضوية فى التربة بمقدار ١/١–٢ ضعف معدل التيسر فى التربة غير المعاملة (Bravenboer ١٩٥٥).

البازاميد

البازاميد Basamid مبيد محبب يستخدم فى تعقيم التربة ومخاليط الزراعة، وهو حبيبى granular، ويحتوى على ٩٨٪ دازوميت Dazomet، الذى يتحلل فى التربة لينتج المركب الفعال methyl isothiocyanate. وهو فعال ضد مدى واسع من النيماتودا وفطريات وحشرات التربة والحشائش، وخاصة النابتة منها، وكذلك الخضرية التكاثر

مثل السعد، والمتطفلة مثل الهالوك. ويستخدم البازاميد فى تعقيم الصوبات والمشاتل. وأوعية الزراعة، ومخاليط التربة.

وإذا وجدت جذور نباتية مصابة بالنيماتودا يجب تركها لتتحلل فى التربة الرطبة أولاً لمدة ٢-٣ أسابيع قبل المعاملة بالبازاميد.

تختلف الكمية المستعملة من البازاميد لكل متر مكعب من خلطة الزراعة، أو لكل متر مربع من سطح التربة كما سيأتى بيانه، ويراعى زيادة الكمية المستعملة منه عند زيادة المادة العضوية فى التربة. كما تجب إضافة المادة العضوية قبل حرث التربة، وليس مع البازاميد، أو بعد إضافته.

يجب أن تكون التربة ممهدة جيدًا وناعمة إلى العمق الذى يُرغب فى تعقيمه؛ لأن البازاميد لا يمكنه الوصول إلى داخل تكتلات التربة. كما يجب تجنب إجراء المعاملة بالبازاميد والتربة جافة. وتزداد كمية البازاميد المستعملة عند زيادة محتوى التربة من المادة العضوية، كما تزداد كذلك الفترة من انتهاء التعقيم إلى حين الزراعة.

ويحصل على أفضل النتائج من استعمال البازاميد حينما تحتوى التربة على رطوبة بنسبة ٦٠٪-٧٠٪ من سعتها الحقلية لمدة ٨-١٤ يومًا - قبل المعاملة بالمبيد - حسب درجة الحرارة السائدة. ففى مثل هذه الظروف تكون الآفات ومسببات الأمراض فى أكثر حالاتها حساسية للمبيد، كما تكون البذور قد باشرت الإنبات؛ حيث تكون أكثر عرضة للتسمم بالمبيد.

وعند تعقيم مخاليط الزراعة بالبازاميد يتم فرش المخلوط على شريحة من البوليثيلين ثم يضاف البازاميد - بين طبقات من المخلوط - بمعدل ٢٠٠-٣٠٠ جم من المبيد لكل متر مكعب من بيئة الزراعة، مع خلط المبيد جيدًا مع طبقة المخلوط فى كل مرة. يكوّم المخلوط حتى ارتفاع متر، ثم يُرش بالماء أو يُغطى بشريحة بلاستيكية. يُترك المخلوطُ على هذا الوضع لمدة ٤-٢٥ يومًا - حسب درجة الحرارة - ثم يُهوى المخلوطً بنقله باستعمال "الكريك"، ويترك لمدة ٢-١٠ أيام. ويمكن تقصير فترة التهوية بتكرار تحريك المخلوط باستعمال الكريك؛ وذلك للسماح بزيادة سرعة خروج الغازات من كومة مخلوط الزراعة.

ويمكن استعمال البازاميد فى حقول الزراعة على صورة حزام مكان خط الزراعة المتوقع. يكون عرض الحزام — عادة — ٢٠ سم، وتكون إضافة المبيد حتى عمق ٢٠ سم، بمعدل ٤٠–٦٠ جم/م^{٢} من سطح الأرض. وتلزم زيادة كمية المبيد المستعملة بمقدار ١٥–٢٠ جم/م٢ من سطح الأرض مع كل ١٠ سم إضافية عمقًا يُراد تعقيمها. يراعى خلط المبيد جيدًا بالتربة الناعمة، والتأكد من الزراعة فى منتصف الحزام بعد انتهاء فترة التعقيم والتهوية. ويفيد ذلك فى السماح للنباتات الصغيرة بالنمو فى بيئة خالية من مسببات الأمراض والآفات، إلى أن تكبر فى العمر والحجم، وتصبح أكثر قدرة على تحمل الإصابات المرضية، أو أقل تأثرًا بتلك الإصابات المتأخرة. ويتوقف عرض وعمق الحزام — الذى يمكن تعقيمه — على الفترة التى يُراد أن تنمو خلالها النباتات دون أن تتعرض للإصابة بالأمراض والآفات.

بعد انتهاء المعاملة بالبازاميد يجب تفكيك الطبقة السطحية من التربة حتى العمق الذى سبق خلطه بالمبيد، مع الحذر من إثارة التربة لأعماق أكثر من ذلك؛ حتى لا تخلط الطبقات السفلى غير المعقمة مع الطبقة العلوية المعقمة.

ويسمح بمرور فترة تتراوح بين ٤ أيام و ٢٢ يومًا — حسب درجة الحرارة — لتهوية التربة قبل الزراعة فيها من جديد.

وتتوقف فترة التعقيم وفترة التهوية المناسبتان على طبيعة التربة ودرجة الحرارة السائدة. وفى الأراضى الطميية تكون تلك الفترات كما يلى:

درجة الحرارة (°م)	فترة التعقيم (يوم)	فترة التهوية قبل الزراعة (يوم)
≥٢٥	٤	٤
٢٠	٦	٥
١٥	٨	٧
١٠	١٢	١٢
٦	٢٥	٢٢

وتكون تلك الفترات أقصر فى الأراضى الخفيفة.

ولا تجوز المعاملة بالبازاميد عند انخفاض حرارة التربة عن ٦°م،٠وإلا تسرب المبيد بعمق فى التربة؛ محدثًا أضرارًا بعد ذلك. وإذا كانت الحرارة شديدة الارتفاع قلت فاعلية المبيد؛ نظرًا لسرعة تبخره فى الهواء الخارجى. ويمكن تقصير فترة التهوية بتكرار إثارة التربة (نشرة BASF).

السيستان

السيستان Sistan مبيد سائل يستخدم فى تعقيم أرض البيوت المحمية والأوعية ومخاليط التربة المستخدمة فى المشاتل، كما يستخدم أيضًا فى تعقيم الحقول المكشوفة. وعند المعاملة يتحلل السيستان فى التربة؛ وينطلق منه المركب الفعال، وهو — كما فى البازاميد – methyl isothiocyanate.

ويتميز السيستان بفعاليته ضد عديدٍ من الآفات؛ منها: النيماتودا، وفطريات التربة. وبعض الآفات الحيوانية، وعديد من الحشائش الحولية، كما يؤدى إلى زيادة فى الآزوت الميسر بالتربة.

ويجب ألا يستخدم المبيد إذا كانت حرارة التربة أقل من ٧°م، ويَحْسُن ألا تقل عن ١٠°م.

وقد يستخدم فى تعقيم أرض الصوبات إما مع ماء الرى (بمعدل ١,٢ لترًا فى ١٢٠ لتر ماء/١٠م٢)، وإما بالحقن على عمق ٢٠ سم على مسافات ٣٠ سم (بمعدل ١,٢ لترًا/١٠م٢).

هذا .. ويجب أن تمر سبعة أسابيع بين المعاملة والزراعة؛ حيث تقفل الصوبة أو يحكم غطاء بلاستيكى على التربة لمدة أسبوعين بعد المعاملة، ثم تُحرث التربة مرة ثانية، وتُترك بحالتها لمدة أسبوعين آخرين. ولا يجب إعداد الأرض للزراعة قبل مرور خمسة أسابيع من أول حرثة بعد المعاملة. وفى حالة المعاملة عند ارتفاع درجة الحرارة يجب رش سطح التربة بالماء على فترات بعد المعاملة (نشر المبيد، شركة Unicrop).

التيلون

التيلون Telone عبارة عن 1,3-dichloropropene (اختصارًا 1,3-D)، ويتوفر منه

Telone II، و Telone C-17. إن التيلون مبيد نيماتودى فعال. كما يفيد فى قتل حشرات التربة وبعض الفطريات. وهو قد يستعمل منفردًا أو مخلوطًا مع الكلوروبكرن (عن Ristaino & Thomas ١٩٧٧).

الـ وى وى

يستخدم الـ دى دى D-D (وهو مخلوط من 1,3-dichloroprepne مع 1,2-dichloropropane) فى التخلص من النيماتودا والحشرات، ولا يجوز استخدامه إلا عندما تكون درجة حرارة التربة ١٠°م على الأقل. وتعامل به التربة بمعدل ٢٠٠–٣٧٥ لترًا/هكتار (٨٤–١٥٨ لتر/فدان). ويجب الانتظار لمدة ٢–٤ أسابيع بعد المعاملة حتى الزراعة. وهو سام للنباتات.

الفابام

إن الفابام Vapam عبارة عن ميثام صوديوم metham-sodium (وهو: sodium N-methyldithiocarbamate)، وهو مبيد سائل قابل للذوبان فى الماء يستخدم فى التخلص من النيماتودا، والفطريات، ومعظم الحشائش، ولا يجوز استخدامه إلا عندما تكون حرارة التربة ١٠°م على الأقل. يكوِّن المبيد غازًا يتخلل التربة بسرعة، ويضاف رشًّا على سطح التربة، أو مع ماء الرى، أو بآلات حقن خاصة. تعامل مراقد البذور بمعدل نحو لترٍ من المبيد فى ٩ لترات ماء لكل نحو ١٠م٢ من المساحة. يجب الرى بعد المعاملة مباشرة والانتظار لمدة ٢–٣ أسابيع بعد المعاملة حتى الزراعة. ولا يعد هذا المبيد سامًّا للإنسان كالمبيدات الأخرى (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

الفورلكس

يستخدم الفورلكس Vorlex فى التخلص من النيماتودا والحشائش والفطريات، ولا يجوز استخدامه إلا عندما تكون حرارة التربة ١٠°م على الأقل. ويجب الانتظار لمدة ٢–٤ أسابيع بعد المعاملة حتى الزراعة. وهو سام للنباتات. وتجب تغطية الأرض بالبلاستيك عقب المعاملة.

التمك Temik **والفايدت** Vydate

كلاهما يستخدم فى التخلص من النيماتودا وبعض الحشائش والفطريات، ولا يجوز استخدامهما إلا عندما تكون حرارة التربة ١٠°م على الأقل (Hanan وآخرون ١٩٧٨).

بروميد البروبارجيل Propargyl bromide

الأوزون

إن الأزون Ozone عبارة عن غاز يولدّ فى موقع الاستعمال بالاستعانة بمولدات أوزون متنقلة، ويتراوح معدل الاستعمال بين ١٢، و ١٨٨ كجم/فدان (عن Martin ٢٠٠٣).

ولقد أدت معاملة التربة بأى من الأوزون أو الترايكودرما *Trichoderma* spp. إلى خفض نسبة نباتات الطماطم المصابة بأى من الجذر الفلينى، أو عفن الجذر الفيوزارى. أو الذبول الفيوزارى مع زيادة النمو النباتى، وكذلك زيادة المحصول بنسبة وصلت إلى ٤٠٪ (Bourbos & Barbopoulou العدد رقم ٦٩٨ من Acta. Hort.).

يوديد الميثايل

يعد يوديد الميثايل methyl iodide (وهو: iodomethane) أبرز بديل لبروميد الميثايل؛ نظرًا لفاعليته الشديدة كمعقم للتربة، دون أن يكون له أى تأثيرات سلبية على طبقة الأوزون. ولقد أنتج هذا المركب تجاريًّا بواسطة Arvesta تحت اسم Midas (عن Martin ٢٠٠٣).

ولقد أظهرت الدراسات التى أجريت فى كاليفورنيا أن تبخير التربة بنحو ٦٨ كجم من يوديد الميثايل يعادل فى فاعليته ١١٣,٥–١٢٢,٥ كجم من بروميد الميثايل، علمًا بأن الأول كان مثل الثانى — أو أفضل منه — فى القضاء على بذور الحشائش، والنيماتودا، والمسببات المرضية التى تجد فى التربة مأوى لها (University of California Delivers — الإنترنت — ٢٠٠٨).

آزايد الصوديوم

تعد المحاليل المائية لآزايد الصوديوم sodium azide ثابتة فى pH أعلى من ٩,٠، ولكنها تتحول إلى المعقم حامض الأيدرازوِّك hydrazoic acid (NH_3) فى pH يقل عن ٨,٠. وللمعاملة به حقليًا يُخلط هذا المركب مع مادة حاملة مثبتة ذات pH يزيد عن ٩,٠، ومع حقنه فى شبكة الرى فإن تلك التركيبه تحميه بتحويله إلى حامض الأيدرازوِّك إلى أن يصل إلى التربة التى يُراد تعقيمها، ومع فترة نصف حياة للمركب تعد بالأيام، فإن احتمالات تلوث المياه الجوفية به تُعد شبه معدومة.

ولقد وجد أن المعاملة بآزايد الصوديوم تكافح مسببات الأمراض، والنيماتودا، والحشائش، شريطة إجراء المعاملة حتى العمق الذى تصل إليه معظم الجذور؛ الأمر الذى يتوفر بالمعاملة مع ماء الرى بالتنقيط. ويستعمل المركب — عادة — بمعدل ٤٧ كجم للفدان (Martin ٢٠٠٣).

ولقد وجد أن آزايد الصوديوم sodium azide — فى الصورة السائلة التى طورها R. Rodriguez-Kabana الأستاذ بجامعة أوبورن Abuburn University — يؤدى عند حقنه فى التربة من خلال شبكة الرى بالتنقيط تحت غطاء بلاستيكى إلى القضاء على بذور الحشائش ومسببات الأمراض والنيماتودا والحشرات؛ وبذا .. فهو يعد بديلاً جيدًا لبروميد الميثايل؛ علمًا بأنه يتحلل فى التربة إلى سماد يفيد النباتات. ويتوفر المنتج التجارى لهذا المركب تحت اسم SEP-100 (Southeast Farm Press — الإنترنت — ٢٠٠٨).

الداى ميثايل داى سلفيد

أدت معاملة التربة بالـ داى ميثايل داى سلفيد dimethyl disulphide بمعدل ٨٠ جم لكل متر مربع من التربة، مع التغطية لمدة أسبوع إلى القضاء التام على كل من الفطرين *Rhizoctonia solani*، و *Verticillium dahliae*، وعلى ٨٥٪ من الفطر *Sclerotium rolfsii* مقارنة بمكافحة ١٠٠٪ للفطر عندما كانت المعاملة ببروميد الميثايل. هذا ولم يختلف محصول الفراولة جوهريًا بين معاملتى الـ Dimethyl disulphide وبروميد الميثايل (Fritsch — العدد رقم ٦٩٨ من Acta Hort.).

بدائل بروميد الميثايل المتاحة

يعطى جدول (٢-٢) قائمة ببدائل بروميد الميثايل المتاحة للاستعمال مع مختلف المحاصيل والمسجلة للاستعمال معها فى الولايات المتحدة بموافقة الـ Environmental Protection Agency (اختصارًا: EPA)، وكذلك البدائل التى مازالت تحت الدراسة.

جدول (٢-٢): بدائل بروميد الميثايل المتاحة للاستعمال مع مختلف المحاصيل والمصرح باستعمالها فى الولايات المتحدة، والبدائل التى مازالت تحت الدراسة (http://www.epa.gov/ozone/alts.html).

المحاصيل	البدائل المتاحة لبروميد الميثايل	البدائل التى مازالت تحت الدراسة
الفرعيات	1,3-Dichloropropene	Dimenthyl Disulfide
	Chloropicrin	Furfural
	Glyphosate	Iodomethane
	Halosulfuron	Propargyl Bromide
	Metam Sodium	Sodium Azide
	Paraquat	
	1,3-Dichloropropene + Chloropicrin	
الباذنجان	1,3-Dichloropropene	Dimethyl Disulfide
	Chloropicrin	Furfural
	Halosulfuron	Iodomethane
	Metam Sodium	Propargyl Bromide
	Napropamide	Sodium Azide
	Trifluralin	
	1,3-Dichloropropene + Napropamide + Trifluralin	
	1,3-Dichloropropene + Chloropicrin	
	Metam Sodium + Chloropicrin	
شتلات الأشجار الخشبية	1,3-Dichloropropene	Dimethyl Disulfide
	Chloropicrin	Iodomethane
	Dazomet	Sodium Azide
	Metam Sodium	Propargyl Bromide
	Metam Sodium + Chloropicrin	

تابع جدول (٢-٢).

الحاصيل	البدائل المتاحة لبروميد الميثايل	البدائل التى مازالت تحت الدراسة
	1,3-Dichloropropene + Chloropicrin	
المشاتل	1,3-Dichloropropene	Dimethyl Disulfide
	Chloropicrin	Sodium Azide
	Iodomethane	Propargyl Bromide
	Dazomet	
	Metam Sodium	
	1,3-Dichloropropene + Chloropicrin	
	1,3-Dichloroproene + Metam Sodium	
مشاتل الورد	1,3-Dichloropropene	Dimethyl Disulfide
	Chloropicrin	Sodium Azide
	Dazomet	Propargyl Bromide
	Iodomethane	
	Metam Sodium	
	Sodium Tetrathiocarbonate	
	1,3-Dichloropropene + Chloropicrin	
	1,3-Dichloropropene + Chloropicrin + Metam Sodium	
	1,3-Dichloropropene + Metam Sodium	
إعادة زراعة بساتين الفاكهة	1,3-Dichloropropene	Dimethyl Disulfide
	Chloropicrin	Sodium Azide
	Dazomet	Propargyl Bromide
	Iodomethane	
	Metam Sodium	
	Sodium Tetrathiocarbonate	
	1,3-Dichloropropene + Chloropicrin	
	1,3-Dichloropropene + Metam Sodium	
	1,3-Dichloropropene + Chloropicrin + Metam Sodium	
نباتات الزينة	1,3-Dichloropropene	Dimethyl Disulfide
	Dazomet	Furfural

تابع جدول (٢-٢).

المحاصيل	البدائل المتاحة لبروميد الميثايل	البدائل التى مازالت تحت الدراسة
	Chloropicrin	Sodium Azide
	Iodomethane	Potassium Tri-iodide
	Metam Sodium	Propargyl Bromide
	1,3-Dichloropropene + Chloropicrin	
	Dazomet + Chloropicrin	
	Metam Sodium + Chloropicrin	
الفلفل	Metam Sodium	Dimethyl Disulfide
	1,3-Dichloropropene + Chloropicrin	
	1,3-Dichloropropene + Metam Sodium	
استعمالات بعد الحصاد	Phosphine	Ethyl Formate
	Sulfuryl Fluoride	Ethylene Oxide
		Methyl Formate
الفراولة	1,3-Dichloropropene	Dimethyl Disulfide
	Chloropicrin	Furfural
	Dazomet	Propargyl Bromide
	Iodomethane	
	Metam Sodium	
	Terbacil	
	1,3-Dichloropropene + Chloropicrin	
	1,3-Dichloropropene + Chloropicrin + Metam Sodium	
	Metam Sodium + Chloropicrin	
مشاتل الفراولة	Chloropicrin	Dimethyl Disulfide
	1,3-Dichloropropene	Furfural
	Iodomethane	Propargyl Bromide
	Metam Sodium	Sodium Azide
الطماطم	1,3-Dichloropropene	Dimethyl Disulfide
	Chloropicrin	Furfural
	Dazomet	Pebulate
	Iodomethane	Propargyl Bromide

تابع جدول (٢-٢).

المحاصيل	البدائل المتاحة لبروميد الميثايل	البدائل التى مازالت تحت الدراسة
	Metam Sodium	Sodium Azide
	Glyphosate	
	Paraquat	
	Halosulfuron-methyl	
	s-Metolachlor	
	Trifloxysulfuron-methyl	
	Rimsulfuron	
	Metam Sodium + Chloropicrin	
	1,3-Dichloropropene + Metam Sodium	
	1,3-Dichloropropene + Chloropicrin	
	Fosthiazate	
المسطحات الخضراء	1,3-Dichloropropene	Dimethyl Disulfide
	Iodomethane	Sodium Azide
	Metam Sodium	
	Dazomet	
	Dazomet + Chloropicrin	
	Metam Sodium + Chloropicrin	

وبصورة عامة .. فإن كل المبيدات التى تستخدم فى تعقيم التربة تعتبر سامة جداً للنباتات، ويجب عدم الزراعة فى التربة المعاملة إلا بعد انقضاء فترة كافية للتخلص من كل آثار المبيد. وتتوقف هذه الفترة على المبيد، ودرجة الحرارة، والرطوبة الأرضية، وقوام التربة. وتقل المدة عند ارتفاع درجة الحرارة، وعند اعتدال الرطوبة الأرضية؛ لأن المبيد ربما لا يتسرب بسهولة من التربة الزائدة الرطوبة.

وتجب المحافظة على التربة المعقمة من التلوث بعد التعقيم؛ لأن الفطريات التى تلوث التربة تكون فى التربة المعقمة أكثر ضراوة منها فى التربة غير المعقمة؛ لغياب الكائنات المنافسة لها.

وقد وجد أن حقن بدائل بروميد الميثايل عن طريق شبكة الرى بالتنقيط يكون مقبولاً فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.، ونيماتودا الموالح *Tylenchulus*

semipenetrans فى قطاع التربة المبتل، ولكن دون التأثير فى النيماتودا عند أكتاف مصاطب الزراعة، علمًا بأن البدائل التى استخدمت كانت كما يلى: (عن Schneider وآخرين ٢٠٠٨).

1,3-dichloropropene (1,3-D or Telone)
1,3-D + Chloropicrin (Pic)
iodomethane (IM) + Pic
propargyl bromide (PBr)
metam sodium (MS)

غمر التربة بالماء لفترات طويلة

يفيد غمر التربة بالماء — لفترات طويلة — فى التخلص من عديد من مسببات الأمراض والآفات التى تعيش فى التربة. ويرجع تأثير الغمر — أساسًا — إلى نقص الأكسجين فى التربة مع طول فترة الغمر بماء راكد، علمًا بأن تجديد الماء يسمح بتزويد الكائنات الضارة التى تعيش فى التربة بمزيد من الأكسجين الذى يكون ذائبًا فى الماء، الأمر الذى يقلل من فاعلية الغمر.

ويكون الغمر بالماء أكثر فاعلية إذا أجرى صيفًا — أثناء ارتفاع درجة الحرارة — مما لو أجرى شتاءً؛ نظرًا لتضاعف معدل التنفس — ومن ثم الحاجة إلى الأكسجين — فى الحرارة المرتفعة؛ مقارنة بالحرارة المنخفضة؛ الأمر الذى يؤثر — بدوره — على كفاءة عملية الغمر فى التخلص من مسببات الأمراض والآفات التى تعيش فى التربة. فمثلاً .. وُجِدَ أن تواجد فطر الفيوزايم المسبب للذبول الفيوزارى فى الموز يزداد بمقدار ٢٠–٣٠ ضعفًا عند الغمر على ١٣°م؛ مقارنة بتواجده عند الغمر على حرارة ٢٤°–٣٤°م.

ولقد كان لغمر أراضى الحياض فى الصعيد — فى موسم الفيضان كل عام قبل إنشاء السد العالى — دورًا غاية فى الأهمية فى القضاء على مسببات أمراض البصل فى التربة، وخاصة الفطر المسبب للعفن الأبيض. كما أن زراعة الأرز تفيد كثيرًا فى القضاء على عديدٍ من مسببات الأمراض.

ومن بين مسببات الأمراض التى يقضى عليها غمر التربة بالماء ما يلى:

١ – فطر الفيوزاريم .*Fusarium* spp المسبب للذبول الفيـــوزارى.

٢– فطر الفيرتسيليم .*Verticillium* spp المسبب لذبول فيرتسيليم.

٣– الفطر *Sclerotinia sclerotiorum*.

٤– بذور الهالوك.

٥– عدة أنواع نيماتودية؛ منهـا: .*Meloidogyne* spp (نيمـاتودا تعقـد الجـذور)، و .*Trichodorus* spp، و .*Tylenchorhyncus* spp، و *Radophlus similis*، و *Aphelenchoides oryzae*، (مسبب مرض القمة البيضاء White Tip فى الأرز).

٦– بكتيريا الذبول *Ralstona solanacearum*، حيث يـؤدى غمـر التربـة بالمـاء إلى خفض أعداد البكتيريا فى التربة (عن Palti ١٩٨١).

٧– كما وجد أن غمر التربة بالماء أدى إلى فقد الأجسـام الحجريـة للفطـر *Corticum rolfsii* لحيويتها بنسبة ٩٠٪ فى خلال تسعة أيام من الغمر، وارتبط فقد الحيوية بفقدها الكامل لقدرتها على إصابة النباتات (Sariah & Tanaka ١٩٩٥).

تعقيم (بسترة) التربة بالإشعاع الشمسى

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

طريقة إجراء التعقيم بالإشعاع الشمسى

مجمل الطريقة ومتطلبات نجاحها

يتعين عند تعقيم التربة بالتشميس تنعيمها جيدًا لكى يمكن فـرد الغشـاء البلاسـتيكى عليها وجعله ملامسًا لكل سطح التربة؛ ذلـك لأن وجـود كتـل التربـة (القلاقيـل) يعنـى وجود جيوب هوائية تحت الغطاء تعمل كعازل بينه وبين التربة، ممـا يقلـل فـى فرصـة رفع حرارة التربة بالتشميس.

وللسبب ذاته لا يجوز استهداف تعقيم الحقل كله بالتشـميس إذا كـان مجهـزًا علـى

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 يلى:

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 يلى:

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

٢- يُسمح بها فى حالات الإنتاج العضوى.

٣- تعطى دفعة قوية للنمو النباتى القوى المبكر.

أما أهم عيوبها فهى:

١- يلزم الاستغناء عن الأرض لمدة شهر إلى شهرين.

٢- ضرورة توفر ماء الرى، حيث لا يناسبها الاعتماد على مياه الأمطار.

٣- ضرورة أن تكون الحرارة عالية خلال فترة التشميس.

٤- لا تقضى على المسببات المرضية التى قد تتواجد عميقًا فى التربة.

٥- تحتاج إلى آليات خاصة عند الرغبة فى تشميس مساحات كبيرة.

٦- إذا وجدت مساحات غير معقمة بين مصاطب معقمة فإنها تكون مصدرًا للتلوث بالمسببات المرضية.

ويمكن الرجوع إلى الدراسات المبكرة حول بسترة التربة بالتشميس soil solarization فى مقال Katan (١٩٨١) الذى تم فيه تناول الموضوع من مختلف جوانبه، مع التركيز على الدراسات التى أجراها بنفسه ومع معاونيه حول هذا الموضوع فى إسرائيل.

ويعد De Vay وآخرون (١٩٩١) من أشمل المراجع التى تتناول موضوع بسترة التربة بالتشميس، أو ما يُعرف باسم soil solarization، وهو عبارة عن وقائع لمؤتمر نظمته منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة.

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 السمكية.

وقد تُترك 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 سُمكه 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.

يؤدى استعمال طبقتين من شرائح البوليثيلين بينهما ٧,٥ سم أو أكثر من الهواء إلى زيادة كفاءة عملية تعقيم التربة بالتشميس، حيث يزداد ارتفاع حرارة التربة بنحو ٣-١٠ درجات مئوية (DeVay ١٩٩١أ).

إذا سادت الأمطار — وبالتالى كثرت السحب — خلال موسم ارتفاع درجة الحرارة فإن ذلك لا يتناسب مع عملية تعقيم التربة بالتشميس باستخدام البوليثيلين الشفاف، ولكن يفيد — فى تلك الحالات — استعمال بلاستيك حرارى ممتص للأشعة تحت الحمراء، حيث تكون حرارة التربة تحته أعلى مما تكون عليه تحت البلاستيك العادى (Martin ٢٠٠٣).

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 الممرضة 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 بالتربة 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 عملية 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 ٥سم و ٣٩°م عند عمق ٤٥سم.

ويكون هذا الارتفاع فى حرارة التربة سببًا رئيسيًا فى القضاء على عديد من مسببات الأمراض والآفات التى تعيش فى التربة، إما بصورةٍ مباشرةٍ، وإما بصورةٍ غير مباشرةٍ من خلال تأثير عملية التعقيم على بيولوجى التربة، كما سيأتى بيانه فيما بعد.

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).

على 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 عديدٍ 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

الفطر	المحاصيل	المرض
Fusarium oxysporum	الطماطم – القاوون – البصل – الفراولة – القطن	الذبول الفيوزارى
Pyrenochaeta terrestris	البصل	الجذر الوردى
Pyrenochaeta lycopersici	الطماطم	الجذر القلينى
Sclerotium rolfsii	الفول السودانى	اللفحة الجنوبية
Rhizoctonia solani	البطاطس – البصل – الفاصوليا – القطن	عفن الجذور وتساقط البادرات
Thielaviopsis basicola	القطن	عفن البذور والجذور
Pythium ultimum	القطن	الذبول الطرى
Pythium myrothecium	الفول السودانى	عفن القرون
Plasmodiophora brassicae	الكرنب	الجذر الصولجانى
Didymella lycopersici	الطماطم	لفحة أسكوكيتا

ومن مسببات الأمراض الأخرى – التى تحوفت من طريق تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى – ما يلى:

١– الفطريات *Fusarium solani*، و *F. oxysporum*، و *Pythium* spp.، و *Rhizoctonia solani* فى الطماطم (الأسعد وأبو غريبة ١٩٨٦).

٢– الفطر *Sclerotium rolfsii* فى الفلفل (Stevens وآخرون ١٩٨٨أ) والطماطم (Ristaino وآخرون ١٩٩١).

٣– الفطر *Pyrenochaeta terrestris* المسبب لمرض الجذر الوردى فى البصل (Hartz وآخرون ١٩٨٩).

٤– الفطر *Penicillium pinophilum* الذى يحدث تقزمًا لنباتات الطماطم (Gamliel & Katan ١٩٩١).

٥– الفطريان *Phytophthora cactorum*، و *P. citricola* (Hartz وآخرون ١٩٩٣).

٦– الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* مسبب مرض الذبول الفيوزارى فى البطيخ (González-Torres وآخرون ١٩٩٣).

٧- الفطر *Plasmodiophora brassicae* مسبب مرض الجذر الصولجانى فى الصليبيات، وكان التعقيم بالإشعاع الشمسي أكثر كفاءة من استعمال الدازوميت dazomet فى مكافحة الفطر (Porter وآخرون ١٩٩١، و Rod ١٩٩٤).

٨- الفطر *Sclerotinia minor* مسبب مرض سقوط الخس lettuce drop. اعتمد التعقيم على وجود نفق بلاستيكى محكم الغلق؛ أدى إلى رفع حرارة الهواء داخل النفق إلى ٦٠°م وحرارة التربة إلى ٤٥°-٥٥°م، وقد انخفض معدل الإصابة بالمرض — عند زراعة الخس بعد انتهاء فترة التعقيم — بمقدار ٥٠٪-٦٧٪ (Fiume ١٩٩٤).

٩- الفطران *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، و *Phytophthora parasitica* var. *parasitica*، والبكتيريا *Ralstonia solanacearum* فى الطماطم. وقد كان النقص جوهريًا فى كثافة الفطر الأول حتى عمق ٥ سم فقط، بينما كان النقص جوهريًا فى كثافة الفطر الثانى وبكتيريا الذبول حتى عمق ٢٥سم، و ١٥سم على التوالى. وبالرغم من أن تبخير التربة بمخلوط من بروميد الميثايل، والكلوروبكرن بنسبة ٧٦ : ٣٣ حقق مكافحة جيدة للفطرين حتى عمق ٣٥ سم، إلا أن نتائج تبخير التربة كانت متباينة بالنسبة لمكافحة بكتيريا الذبول. ولكن تبخير التربة مع التعقيم بالإشعاع الشمسى أحدث مزيدًا من النقص فى كثافة *R. solanacearum* (Chellemi وآخرون ١٩٩٤أ).

وبالمقارنة .. وجد فى دراسة أخرى أن التعقيم بالإشعاع الشمسى لم يكن له أى تأثير على البكتيريا *R. solanacearum* المسببة لمرض الذبول البكتيرى فى الطماطم (Chellemi وآخرون ١٩٩٤ب).

١٠- أدت إضافة البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* إلى التربة قبل تعريضها للتشميس solarization إلى تحقيق أكبر مكافحة لبكتيريا الذبول *R. solanacearum* مع أفضل نمو لنباتات الطماطم، حيث ازدادت كثافة تواجد البكتيريا *P. fluorescens* — بشدة — بعد معاملة التشميس، بينما انخفضت — بشدة — أعداد بكتيريا الذبول (Kumar & Sood ٢٠٠١).

١١- أعطت بسترة التربة بالتشميس لمدة شهرين مكافحة أفضل للذبول الفيوزارى فى زراعات البطيخ فى البيوت المحمية فى جنوب إسبانيا عن تبخير التربة بالميثام

صوديوم. وبينما لم يكن التشميس لمدة شهر واحد فعالاً، فإن التشميس لمدة شهر ونصف الشهر مقرونًا بجرعة منخفضة من التبخير أعطى نتائج جيدة فى مكافحة المرض (Jimenez-Diaz وآخرون ١٩٩١ – FAO Plant Production and Protection Paper 109 – الإنترنت).

١٢– أمكن مكافحة الفطر *Fusarium solani* مسبب مرض عفن الجذور الفيوزارى فى الفول الرومى بالتشميس فى شمال العراق (Sarhan ١٩٩١– FAO Production and Protection Paper 109 — الإنترنت).

١٣– أظهرت عملية بسترة التربة بالتشميس فى مصر كفاءة عالية فى مكافحة عديد من مسببات الأمراض والآفات دامت لمدة سنتين إلى ثلاث سنوات، وشملتا يلى:

أ– مسببات الأمراض:

Sclerotium cepivorum
Phytophthora parasitica
Pyrenochaeta lycopersici
Pythium spp.
Rhizoctonia solani

ب– معظم الحشائش فيما عدا السعد *Cyperus* spp.، والـ knotweed اللذان كانت مكافحتهما جزئية.

جـ– عديد من الأنواع النيماتودية (Satour وآخرون ١٩٩١ — FAO Production and Protection Bulletion 109 — الإنترنت).

١٤– أمكن مكافحة الفطر *Verticillium dahliae* — مسبب مرض ذبول فيرتسيليم — وكذلك مكافحة الحشائش بنسبة ٩٧٪ فى حقول الباذنجان عن طريق بسترة التربة بالتشميس (Tamietti & Valentino ٢٠٠١).

١٥– أفادت بسترة التربة بالإشعاع الشمسى فى خفض حيوية الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium cepivorum* جوهريًا بنسبة ٧٩٪، إلاّ أن معاملة التربة بالميكوريزا *Trichoderma harzianum* — بعد معاملتها بالتشميس — زادت نسبة المكافحة إلى ٩٨٪. وبينما أثرت بسترة التربة بالتشميس كثيرًا على أعداد فطر الميكوريزا فى التربة عندما عوملت به التربة قبل تشميسها، فإن أعداد البكتيريا *Bacillus subtilis* التى

أضيفت قبل التشميس انخفضت بفعل التشميس إلى ٧٥٪ مما كانت عليه، إلاّ أن التشميس ساعد على إحداث زيادة فى أعداد كل من فطر الميكوريزا و *B. subtilis* عندما عوملت بهما التربة بعد التشميس (Pereira وآخرون ١٩٩٦).

١٦- كما يستدل من دراسة أخرى أن بسترة التربة بالتشميس أدى إلى التخلص من ٧٥٪-٨٣٪ من الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium cepivorum* مسبب مرض العفن الأبيض فى البصل والثوم (Matrod وآخرون ١٩٩١ - FAO Production and Protection Paper 109 — الإنترنت).

١٧- أدت أى من عمليتى بسترة التربة بالإشعاع الشمسى أو معاملتها باليكوريزا *Trichoderma* spp. إلى مكافحة الفطر *Phytophthora cactorum* مسبب مرض العفن الجلدى لثمار الفراولة بصورة جيدة، وبينما تفوق تشميس التربة على معاملتها باليكوريزا فى هذا الشأن، فإن الجمع بين المعاملتين كان أفضل من أى منهما منفردة (Porras وآخرون ٢٠٠٧).

١٨- أدى الجمع ما بين بسترة التربة بالتشميس مع المعاملة بالـ arbuscular mycorrhizal fungi (فطريات الميكوريزا) إلى تحسين نمو البطاطس وزيادة محصولها وتقليل تعرض النباتات والدرنات للإصابات المرضية.

١٩- أمكن مكافحة الفطرين *Phytophthora nicotianae*، و *Rhizoctonia solani* فى مشاتل الطماطم بالتشميس مع استعمال شريحتين من البلاستيك بسمك ٥٠ ميكرونًا، ومع جعل العليا منهما على ارتفاع ٨٠ سم من سطح التربة. أدى التشميس بهذه الطريقة إلى رفع درجة الحرارة العظمى على عمق ٥ سم فى التربة إلى ٧٠-٧٣°م، وهى التى كانت أعلى من الحرارة فى معاملة الكنترول بمقدار ٢٠°م. كذلك حافظ استعمال الشرائح المزدوجة على حرارة تزيد عن ٦٠°م لمدة تزيد عن ٩ ساعات متصلة يوميًا. وقد أدى اتباع هذه الطريقة إلى تحقيق مكافحة كاملة للمسببين المرضيين مماثلة لتلك التى حُصل عليها باستعمال الميثام صوديوم metham-sodium، مقارنة بأكثر من ٩٠٪ إصابة بأى من الكائنين المرضين أو كليهما فى معاملة الكنترول. كذلك كان النمو النباتى أقوى فى حالة استعمال الشرائح المزدوجة — سواء أتمت العدوى بالفطرين أم لم تتم — عما فى حالة المعاملة بالميثام صوديوم أو الكنترول (Rodriguez Pérez وآخرون — العدد 698 من Acta. Hort.).

ثانيًا: النيماتودا

لا تتأثر الفطريات المتحملة للحرارة، والأكتينوميسيتات، والزيدوموناذز الفلورية fluorescent pseudomonads و الـ *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 الأكثر 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 لدراسات Chellemi وآخرين (١٩٩٤ب) فإن أعلى درجة حرارة أحدثها التعقيم بالإشعاع الشمسى (فى شمال ولاية فلوريدا الأمريكية) بلغت ٤٩,٥°م على عمق ٥ سم، و ٤٦°م على عمق ١٥ سم، و ٤٠,٥°م على عمق ٢٥ سم، وكان ذلك مصاحبًا بانخفاض فى أعداد أنواع النيماتودا: *Paratrichodorus minor*، و *Rotylenchulus reniformis*، و *Circonemella* spp. على صنفين من الطماطم بعد ٨٥ يومًا من الشتل. وقد تساوت فاعلية التعقيم بالإشعاع الشمسى — فى هذا الشأن — مع فاعلية التعقيم بمخلوط من بروميد الميثايل والكلوروبكرن، بنسبة ٦٧ : ٣٣، وبمعدل ٤٤٨ كجم للهكتار (١٨٧ كجم/فدان).

كما وجد Stevens وآخرون (١٩٩٨ب، و ١٩٨٨جـ) أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أحدث انخفاضًا فى أعداد نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* بلغ ٩٢٪ فى إحدى الدراسات.

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.

كـذلك أوضـحت دراسـات Abdel-Rahim وآخـرين (١٩٨٨) أن التعقـيم بالإشـعاع الشمسى أدى إلى مكافحة النيماتودا *R. reniformis* لمدة ٦٠ يومًا بعد الزراعة.

ويفيـد التسـميد العضـوى — مثـل اسـتخدام سـبلة الـدواجن وسـبلة الماشـية — مـع التشميس فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور بصورة أفضل من معاملة التشميس فقط، علمًا بأن التسميد العضوى فقط لم يكن مؤثرًا فى مكافحة النيماتودا (Oka وآخرون ٢٠٠٧).

ثالثًا: النباتات الزهرية المتطفلة

وجـد Jacobson وآخـرون (١٩٨٠) أن تغطيـة التربـة فـى حقـل موبـوءٍ — بشـدةٍ — بالهالوك المصرى *Orobanche aegyptiaca* لمدة ٣٦ يومًا قبل الزراعة خلال الموسم الحار فى أغسطس وسبتمبر أدت إلى مكافحة الهالوك بصورةٍ جيدةٍ؛ حيث نما محصول الجـزر بصورة طبيعية فى الحقل المعامل، بينما تقزمت نباتـات الجـزر. وأصـيبت — بشـدةٍ — بالهالوك فى الحقل غير المعامل. وقد وُجِدَ أن الغطاء البلاستيكى — الذى كان من النـوع الأسود — أدى إلى رفع حرارة التربة فى الخمسة سـنتيمترات العلويـة بمقـدار ٨–١٢°م؛ أى حتى ٥٦°م.

رابعًا: الأكاروس والحشرات

يؤدى التعقيم بالإشعاع الشمسى إلى القضاء على الأكاروس (العنكبوت الأحمـر) الـذى يوجد فى التربة، بينما لا يؤثر — أو يُعرف أنه يؤثر — على أعداد الحشرات التى تجـد فى التربة مأوى لها. ولكن التعقيم بالإشـعاع الشمسـى يُحـدث — مـع التـبخير ببروميـد الميثايل — خفضًا كبيرًا فى أعـداد عـدة مجموعـات مـن الأكـاروس والحشـرات الدقيقـة (Ghini وآخرون ١٩٩٣).

تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على الحشائش

يقضى التعقيم بالإشعاع الشمسى على عديد من الحشائش الحوليـة والمعمـرة. ويمكـن تلخيص أهم النتائج التى حُصل عليها — فـى هـذا الشـأن — فيمـا يلـى (عـن Pullman وآخرين ١٩٨٤).

الاسم العلمى	الاسم الإنجليزى	الاسم العربى
		أولاً: حشائش كُوفِحت بشكل جيد
Poa annua	Annual bluegrass	
Echinochloa crus-galli	Barnyardgrass	دنيبة
Oxalis pes-caprae	Bermuda buttercup	عرق الليمون
Solanum nigrum	Black nightshade	عنب الديب
Malya parviflora	Cheeseweed	خبيزة
Xanthium spinosum	Cocklbur	شُبَيّط
Stellatia media	Common chickweed	قزآزة
Senecio vulgaris	Common groundsel	مُرّار
Orobanche aegyptiaca	Egyptian broomrape	الهالوك
Convulvlus arvensis	Field bindweed	عُليق (من البذرة)
Solanum sarachoides	Hairy nightshade	
Lamium amplexicaule	Henbit	طاقية الغراب أو فم السمكة
Datura stramonium	Jimsonweed	الداتورة
Chenopodium album	Lambsquarters	ركبة الجمل أو فساء الكلب
Montia perfoliata	Miners lettuce	
Chenopodium murale	Nettleleaf goosefoot	لسان الطير
Lactuca serriola	Prickly lettuce	خس البقر
Sida spinosa	Prickly sida	
Calandrinia ciliate	Redmaids	
Anagallis retroflexus	Redrot pigweed	
Angallis sp.	Scarlet pimpernel	
Capsella bursa-pastoris	Shepherdspurse	كيس الراعى
Abutilon theophrasti	Velvetleaf	
Oxalis stricta	Woodsorrel	
		ثانيًا: حشائش قلت أعدادها ولكنها لم تكافح بصورة كاملة
Eleusine indica	Goosegrass	نجيل
Digitaria sanguinalis	Large crabgrass	دفيرة
Eragrostis sp.	Lovegrass	حشيشة الحُب

الاسم العربى	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى
الرجلة	Purslane	*Portulaca oleracea*
زُمَير	Wild oat	*Avena fatua*
ثالثًا: حشائش كوفحت ولكنها نمت سريعًا مرة أخرى:		
النجيل	Bermudagrass	*Cynodon dactylon*
عليق (نمو قائم)	Field bindweed	*Convolvulus arvensis*
حشيشة جونسون	Johnsongrass	*Sorgum halepense*
حب العزيز — السعد	Yellow nutsedge	*Cyperus esculentus*
رابعًا: حشائش كانت مقاومة لعملية التعقيم بالإشعاع الشمسى:		
حندقوق	White sweetclover	*Melilotus alba*

تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على كل من مسببات الأمراض ونشاط وأعداد الكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة وعلاقة ذلك بالمحصول

إلى جانب تأثير التعقيم على مختلف مسببات الأمراض، والآفات، وبذور الحشائش التى توجد فى التربة، فإن له تأثيرات أخرى كبيرة على مجمل أنواع الكائنات الدقيقة الأخرى التى تعيش فى التربة، والتى يكون لنشاطها البيولوجى تأثيرات بالغة على النمو النباتى فيها. ونحاول — فى هذا الجزء — التعرف على تلك التغيرات، وكيفية حدوثها.

كان Katan (١٩٨٠) قد أوضح أن درجات الحرارة وصلت فى القطع التجريبية المغطاة بالبلاستيك إلى ٥٠°م على عمق ٥ سم، وإلى ٤٤°م على عمق ٢٠ سم، وأن تلك الحرارة كانت أعلى بمقدار ٨–١٢°م مما كانت عليه الحال فى القطع التجريبية غير المغطاة بالبلاستيك.

لكن تأثير التغطية بالبلاستيك لا يرجع فقط إلى الارتفاع فى درجة الحرارة، بل ربما يتضمن أيضًا نوعًا من المقاومة الحيوية؛ إذ إن الفطريات التى وضعت — تجريبيًّا — على عمق كبير فى التربة قد قُضى عليها أيضًا، برغم أن درجة الحرارة لم تكن شديدة الارتفاع على هذه الأعماق.

وربما تحدث المكافحة الحيوية أثناء – وبعد – التغطية بالبلاستيك عن طريق:

١- زيادة قدرة الكائنات المضادة للكائنات المسببة للأمراض على المنافسة تحت ظروف درجات الحرارة المرتفعة.

٢- حدوث تغير في التوازن بين الكائنات الدقيقة في التربة لصالح الكائنات غير المرضية المنافسة.

فمثلاً .. تزداد أعداد بعض الكائنات المفيدة؛ مثل *Trichoderma* spp. والأكينوميسيتات Actinomycetes (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤).

كذلك وجدت زيادة معنوية في النمو الخضري والجذري، ومحصول البطاطا عند تعقيم التربة بالإشعاع الشمسي حتى في غياب مسببات الأمراض الرئيسية، وتبين ارتباط تلك الزيادة بأعداد الكائنات الدقيقة التي وجدت في الوسط المحيط بالجذور (الرايزوسفير Rhizosphere)؛ حيث لوحظت زيادة في أعداد البكتيريا من الجنس *Pseudomonas*، وبعض الفطريات في المحيط الجذري للبطاطا في معاملة التعقيم (Stevens وآخرون ١٩٨٨ب، و ١٩٨٨ جـ).

وقد وجد Stevens وآخرون (١٩٩٠ د) أن معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسي أدت إلى زيادة أعداد البكتيريا والفطريات المقاومة للحرارة في المحيط الجذري لنباتات الكولارد النامية في الأرض المعاملة؛ مقارنة بالأرض غير المعاملة.

كما وجد Gamliel & Katan (١٩٩١) أن تعقيم التربة بالإشعاع الشمسي أنقص أعداد البكتيريا والفطريات في التربة حتى عمق ٩٠ سم، بينما كانت الأكتينوميسيتات actinomycetes أقل تأثرًا. كذلك انخفضت أعداد البكتريا والفطريات التي تتحمل الحرارة بالمعاملة.

وبالمقارنة .. فقد ازدادت أعداد الـ Pseudomonads الفلورية fluorescent إلى نحو ١٣٠ ضعفًا في محيط جذور النباتات في الأراضي المعقمة بالإشعاع الشمسي، بالرغم من حساسية هذه البكتيريا للحرارة.

وأنقصَ التعقيم بالإشعاع الشمسي – بشدة – أعداد الفطريات الكلية في محيط النمو

الجذرى للنباتات، وخاصة فطر *Penicillium pinophilum* الذى يسبب تقزم النباتات. وفطر *Pythium* spp.

ومن بين الـ Pseudomonads الفلورية التى أمكن عزلها وجد أن *Pseudomonas putida*، و *P. fluorecens*، و *P. alcaligenes* تحفز نمو نباتات الطماطم.

كما وجد أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أدى إلى زيادة معدلات عزل البكتيريا ذات النشاط المضاد للنمو الميكروبى من محيط الجذور.

كذلك قام Gamliel & Katan (١٩٩٢ب) بدراسة تأثير تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى على إفرازات بذور وجذور الطماطم ودورها فى توطيد الـ Pseudomonads الفلورية فى التربة. وتبين أن تلك الإفرازات تحتوى — فى التربة المعقمة بالإشعاع الشمسى — على كميات أقل من السكريات وكميات أكبر من الأحماض الأمينية والمركبات الأمينية — التى كانت غير مناسبة لنمو الفطريات والبكتيريا فى البيئات الصناعية — مقارنة بإفرازات البذور وجذور النباتات النامية فى تربة غير معقمة بالإشعاع الشمسى. واستنتج الباحثان من دراستهما أن التعقيم بالإشعاع الشمسى يمكّن تلك الـ Pseudomonads الفلورية من المنافسة على إفرازات البذور والجذور.

كما وجد الباحثان (Gamliel & Katan ١٩٩٢أ) أن النوعين البكتيريين *Pseudomonas putida*، و *P. flourescens*، أظهرا انجذابًا كيميائيًّا — فى أنبوبة شعرية — نحو إفرازات البذور المزروعة فى تربة معقمة بالإشعاع الشمسى — بدرجة أكبر من انجذابها نحو إفرازات البذور المزروعة فى تربة غير معقمة بهذه الطريقة. كذلك أظهرت هذه البكتيريا — فى حركتها — إنجذابًا نحو مخلوط من الأحماض الأمينية أو من الأحماض الأمينية مع السكريات. وقد أستُنتج من ذلك أن تلك الخاصية للـ Pseudomonads الفلورية تسهم فى توطيدها فى التربة المحيطة بجذور النباتات فى الجذور المعقمة بالإشعاع الشمسى.

ويستدل من عديد من الدراسات أن عملية تشميس التربة لا يقتصر دورها على قتل المسببات المرضية بتأثير الحرارة العالية فقط؛ فلقد أمكن مكافحة الفطر *Verticillium dahliae* — على سبيل المثال — على أعماق ٧٠–١٢٠ سم، وهى أعماق لا ترتفع

حرارتها بالتشميس. كذلك تأثرت عشائر بعض المسببات المرضية سلبًا بالتشميس وهي على أعماق كبيرة، مثل الفطر *Phytopthora cinnamomi* حتى عمق ٧٠ سم، كما تأثرت النيماتودا *Paratrichodorus porosus*، و *Paratylenchus hamatus* حتى عمق ٤٦ سم، *Paratylenchus vulnus* حتى عمق ٩١ سم.

كذلك تبين عديد من الدراسات أن تأثير عملية التشمس في مكافحة المسببات المرضية مثل الذبول الفيوزارى وذبول فيرتسيليم يدوم لمدة موسمين إلى ثلاث مواسم زراعية، حيث تصبح التربة مثبطة للأمراض.

وقد تبين أن الأرض المعقمة بالتشميس يزداد فيها كثيرًا عشائر عديد من الكائنات الدقيقة المنافسة للمسببات المرضية والمضادة لها، مثل:

Florescent *Pseudomonas* spp.	*Penicillium* spp.
Aspergillus spp.	*Trichoderma* spp.
Talaromyces flavus	*Bacillus* spp.
Glomus spp.	

كذلك تنخفض في التربة المعاملة بالتشميس عشائر الفيوزاريم المرض، بينما تزداد عشائر الفيوزاريم الرمّى (غير المرض)؛ مما يزيد من المنافسة بينهما (Davis ١٩٩١، و DeVay ١٩٩١ب).

وقد أوضحت عديد من الدراسات أن عملية التعقيم بالإشعاع الشمسي تصاحبها — عادة — زيادة كبيرة في النمو النباتي والمحصول حتى في غياب مسببات الأمراض الهامة أصلاً — من التربة المعاملة، وتكون هذه الزيادة أكبر — بطبيعة الحال — عندما يقضي التعقيم بالإشعاع الشمسي على ما قد يكون موجودًا في التربة من مسببات الأمراض، أو الآفات الهامة (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤).

ففي تكساس .. درس Hartz وآخرون (١٩٨٥) تأثير تعقيم التربة بالإشعاع الشمسي على محصولي الفلفل والقاوون (الكنتالوب) عند زراعتهما — بالتوالي — بعد التعقيم. كان التعقيم لمدة شهرٍ واحدٍ هو شهر يوليو، واستخدم بوليثلين شفاف بسمك ٤٠ ميكرونًا.

وبعد هذه الفترة أزيل الغطاء البلاستيكى من بعض القطع، ورُش بطلاء عاكس للضوء فى قطعٍ أخرى. وقد وجد أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أدى إلى زيادة محصول الفلفل بمقدار ٢٠٪. وعندما ترك الغطاء البلاستيكى فى مكانه، مع طليه بطلاء عاكس للضوء ازداد محصول الفلفل بمقدار ٥٣٪، عما هو فى حالة عدم إجراء التعقيم بالإشعاع الشمسى. كما كان هناك تأثير متبق للتعقيم بالإشعاع الشمسى على محصول القاوون الذى زرع فى الربيع التالى. هذا ولم تكن فى التربة كائنات ممرضة معينة يمكن أن يقال إن الزيادة فى المحصول قد حدثت نتيجة القضاء عليها.

وفى الأردن .. قارن الأسعد وأبو غربية (١٩٨٦) تغطية التربة الرطبة بشرائح بلاستيكية شفافة بسمك ٤٠ ميكرونًا لمدة شهر واحد، أو شهرين، والتغطية ببلاستيك أسود بسمك ٤٥ ميكرونًا لمدة شهرين، مع التبخير ببروميد الميثايل بمعدل ٦٨ جم/م^{٢}، وبدون معاملة للمقارنة، وكانت النتائج كما يلى:

١- بلغت درجة الحرارة العظمى على أعماق ١٠، و ٢٠ سم حوالى ٥٠°م، و ٤٤°م تحت البلاستيك الشفاف، و ٤٢°م، و ٤٠°م تحت البلاستيك الأسود، مقارنة بنحو ٤٠°م، و ٣٨°م فى التربة غير المغطاة.

٢- ظهرت فاعلية عالية للتغطية — بالبلاستيك الشفاف لمدة شهرين — مساوية لمعاملة التبخير ببروميد الميثايل فى تخفيض أعداد كل من الفطريات *Fusarium oxysporum*، و *F. solani*، و *Pythium* spp.، و *Rhizoctonia solani*، وكذلك أعداد النيماتودا *Tylenchorhynchus* spp.، وبعض أنواع النيماتودا الحرة فى التربة. كما كانت التغطية — بالبلاستيك الشفاف لمدة شهر واحد، وبالبلاستيك الأسود لمدة شهرين — أقل فاعلية من التغطية بالبلاستيك الشفاف لمدة شهرين، ولكن دون فروق معنوية.

٣- أدت جميع معاملات التغطية بالبلاستيك والتبخير ببروميد الميثايل إلى زيادة النمو الخضرى وإنتاجية الطماطم، والباذنجان جوهريًا. ولم تظهر أية فروق معنوية بين نتائج التبخير ببروميد الميثايل وأى من معاملات التغطية بالبلاستيك لمدة شهرين. وبرغم أن التغطية بالبلاستيك الشفاف لمدة شهر واحد أعطت إنتاجية أقل من معاملات

التغطية الأخرى فى تجربة الطماطم، إلا أن هذا الاختلاف لم يظهر فى تجربة الباذنجان.

وفى ألاباما بالولايات المتحدة .. أدى تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى لمدة ٩٨ يومًا إلى رفع حرارة التربة إلى ٤٩°م — على الأقل — لمدة ٤١ يومًا من فترة التعقيم، بارتفاع قدره ١٤°م عن درجة حرارة الأرض المكشوفة. وأدى ذلك إلى خفض إصابة الفلفل بالفطر *Sclerotium rolfsii* بنسبة ٩٥٪، مع التخلص التام من الأجسام الحجرية للفطر فى السنتيمترات العشرة العلوية من التربة (Stevens وآخرون ١٩٨٨أ).

وفى دراسة أخرى .. قورنت زراعة البطاطا صنف Georgia Jet فى أرض معقمة بالإشعاع الشمسى مع زراعتها فى أرض غير معقمة، وكانت النتائج كما يلى:

١- ازداد النمو الخضرى والجذرى، ومحصول البطاطا حتى فى غياب مسببات الأمراض الرئيسية.

٢- ارتبطت الزيادات فى النمو النباتى بأعداد الكائنات الدقيقة التى وجدت فى بيئة نمو الجذور (الـ Rhizosphere)؛ حيث لوحظت زيادة فى أعداد البكتيريا من الجنس *Pseudomonas*، وبعض الفطريات فى رايزوسفير البطاطا فى معاملة التعقيم.

٣- انخفضت أعداد نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* بنسبة ٩٢٪ عند التعقيم بالإشعاع الشمسى (Stevens وآخرون ١٩٨٨ب).

وفى دراسة مماثلة على الكرنب والبروكولى .. كان المحصول أسرع تبكيرًا بمقدار ثلاثة أسابيع وأعلى جوهريًا بنسبة ٢٥٠٪ عند تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى؛ مقارنة بالمحصول فى التربة غير المعقمة. كذلك ازدادت أعداد الأكتينوميسيتات، وبعض الفطريات، والبكتيريا الفلورية التابعة للجنس *Pseudomonas* فى رايزوسفير هذه المحاصيل فى التربة المعقمة بالإشعاع مقارنة بما حدث فى التربة غير المعقمة، بينما انخفضت شدة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور (Stevens وآخرون ١٩٨٨جـ).

وفى مصر .. وجد Abdel-Rahim وآخرون (١٩٨٨) أن تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى فى أراضٍ تروى سطحيًا أدى إلى:

١- مكافحة الحشائش، والهالوك، ومرض الجذر الفلينى، ونيماتودا تعقد الجذور — بكفاءةٍ — فى حقول الطماطم.

٢- مكافحة النيماتودا *Rotylenchulus reniformis* لمدة ٦٠ يومًا بعد الزراعة.

٣- تحسين النمو وزيادة المحصول بنسبٍ تراوحت بين ٢٥٪ و ٤٣٢٪ فى الفول الرومى، والبصل، والطماطم، والبرسيم فى نوعيات مختلفة من الأراضى.

٤- دام تأثير المعاملة بالنسبة لكل من مكافحة الأمراض وزيادة المحصول لمدة موسمين، أو ثلاثة مواسم زراعية.

٥- حدث انخفاض فى درجة ملوحة التربة.

٦- كان للمعاملة — فى إحدى التجارب — تأثيرًا سيئًا على تكوين العقد الجذرية لبكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى فى جذور الفول الرومى؛ حيث تقزمت النباتات. ولكنها استعادت نموها ثانية.

وفى دراسة أخرى أجريت فى مصر على الطماطم — قارن فيها El-Shami وآخرون (١٩٩٠أ، و ١٩٩٠ب) تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى بالتعقيم ببروميد الميثايل — وُجد ما يلى:

١- كان التعقيم بالإشعاع الشمسى أكثر كفاءة بدرجة كبيرة من التبخير ببروميد الميثايل فى مكافحة الفطر المسبب للذبول الفيوزارى؛ حيث أدت تغطية التربة — التى حقنت بالفطر — بشرائح البلاستيك الشفاف بسمك ٤٠ ميكرونًا لمدة ٤ أو ٧ أسابيع خلال فصل الصيف إلى خفض شدة الإصابة بالمرض إلى نفس مستواه فى التربة التى غطيت بالبلاستيك دون أن تحقن بالفطر.

٢- حُصل على تأثير مماثلٍ عندما كانت التغطية بالبلاستيك لمدة أسبوعين فقط خلال شهر سبتمبر.

٣- كذلك حُصل على نتائج ماثلة عندما استعمل البلاستيك الأصفر، ولكن البلاستيك الأسود كان أقل فاعلية.

٤- كما كان التعقيم بالإشعاع الشمسى أكثر كفاءة من التبخير ببروميد الميثايل فى زيادة النمو النباتى والمحصول، حتى فى غياب الفطر المسبب للذبول الفيوزارى؛ فقد ازداد المحصول بمقدار ٢,٥ إلى ٣ أضعاف فى الأرض المعقمة بالإشعاع الشمسى، مقارنة

بزيادته إلى الضعف فقط فى الأرض المعقمة ببروميد الميثايل. كذلك ازداد وزن النمو الخضرى والجذرى (الطازج والجاف) بمقدار ٣-٤ أضعاف فى الأرض التى عقمت بالإشعاع الشمسى، مقارنة بالوزن فى الأرض التى تركت دون تعقيم.

وقد أوضحت دراسات Hartz وآخرين (١٩٨٩) على البصل أن تعقيم الحقل بطريقة الإشعاع الشمسى لمدة ٦٢ يومًا أحدث زيادة جوهرية فى نسبة إنبات البذور والمحصول، بينما أحدث نقصًا فى الإصابة بمرض الجذر الوردى الذى يسببه الفطر *Pyrenochaeta terrestris*. وأدى تعقيم مراقد البذور الحقلية بهذه الطريقة إلى القضاء الكامل على إصابة شتلات البصل بهذا الفطر، ولكن لم تكن لمعاملة مراقد البذور أية تأثيرات على محصول البصل، أو قطر الأبصال، أو الإصابة بالجذر الوردى عند الحصاد عندما زرعت الشتلات فى حقلٍ ملوثٍ بالفطر المسبب للمرض.

كذلك تبين لدى مقارنة التعقيم بالإشعاع الشمسى — فى ألاباما — مع المعاملة بمبيد الحشائش داكثال Dacthal 75W فى حقول الكولارد ما يلى:

١- أحدثت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى نقصًا قدره ٩١٪ من أعداد الحشائش، وكانت تلك المعاملة أكثر كفاءة من المعاملة بالداكثال فى مكافحة الحشائش.

٢- ازداد محصول الكولارد فى الأرض المعقمة بالإشعاع.

٣- ازدادت أعداد البكتيريا والفطريات المقاومة للحرارة فى المحيط الجذرى للنباتات النامية فى الأرض المعقمة بالإشعاع مقارنة بما حدث فى الأرض غير المعاملة (Stevens وآخرون ١٩٩٠).

وقد أوضحت دراسات Porter وآخرين (١٩٩١) أن الجمع فى تعقيم التربة بين استعمال الدازوميت (البازاميد) بمعدل ١٠٠ كجم للهكتار (٦٢ كجم للفدان) والتعريض للإشعاع الشمسى أعطى مكافحة للفطر المسبب للجذر الصولجانى (*Plasmodiophora brassicae*) أفضل من أى من المعاملتين منفردة. وقد أدى التعقيم المزدوج بالإشعاع الشمسى والدازوميت إلى خفض شدة الإصابة بالمرض فى القنبيط من ٢,٧ إلى ٠,٩ وإلى زيادة المحصول من ٢,٤ إلى ٤٧ طنًا للهكتار، ولكن كانت أفضل النتائج حينما جُمعَ بين معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى والتبخير ببروميد الميثايل بمعدل ١٠٠ كجم

للهكتار. كذلك أدت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى مع أى من معاملتى التبخير (ببروميد الميثايل أو بالدازوميت) إلى مكافحة الحشائش بصورة أفضل من أى من معاملات التعقيم منفردة.

وقد تمكن Ristaino وآخرون (١٩٩١) من مكافحة مرض اللفحة الجنوبية التى يسببها الفطر *Sclerotium rolfsii* للطماطم — وغيرها من محاصيل الخضر — بشكل جيد بتعقيم التربة بالإشعاع الشمسى لمدة ستة أسابيع خلال الموسم الحار مع معاملة التربة بالفطر المنافس *Gliocladium virens*. وكانت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى قد رفعت حرارة التربة — فى موسمى هذه الدراسة — بنحو ٩–١٤°م.

ويستفاد من دراسات Gamliel & Stapleton (١٩٩٣) أن الجمع بين التسميد بزرق الدواجن مع التعقيم بالإشعاع الشمسى يزيد كثيرًا من فاعلية التعقيم فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور. وأدت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى منفردة إلى مكافحة الفطر *Pythium ultimum* وزيادة محصول الخس، كما أظهر فحص التربة المحيطة بالجذور وجود زيادة كبيرة فى أعداد البكتيريا من الـ Pseudomonads الفلورية (الـ fluorescent) ومن جنس *Bacillus*.

وقد وجد Hartz وآخرون (١٩٩٣) أن تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى أحدث زيادة فى محصول الفراولة بلغت ١٢٪، ولكن الزيادة فى المحصول بلغت ٢٩٪ عندما اقترنت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى بالتبخير بأى من الميثام صوديوم Metam-Sodium (الفابام) أو بروميد الميثايل. وأفادت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى فى مكافحة الحشائش الحولية، وكل من الفطريات التالية:

Phytohthora cactorum *P. citricola*
Verticillium dahliae

وقد قارن Gonzalez-Torres وآخرون (١٩٩٣) تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهر أو شهرين مع التبخير بالميثام صوديوم metam-sodium فى مكافحة الفطر المسبب لمرض الذبول الفيوزارى فى البطيخ، وتوصلوا إلى النتائج التالية:

١– أدت التغطية بالبلاستيك إلى رفع حرارة التربة بنحو ٥°م (إلى ٤٤–٤٨°م) على عمق ١٠ سم، وبنحو ٤–٥°م (إلى ٤٠–٤٢°م) على عمق ٢٠–٣٠ سم.

٢- أحدث التعقيم بأى من الطريقتين نقصًا فى أعداد الفطر فى الخمسة عشر سنتيمترًا السطحية من التربة.

٣- حدث ثبات نسبى فى أعداد الفطر خلال التسعة شهور التى أعقبت التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهرين؛ حيث استمرت منخفضة، ولكن أعداد الفطر تقلبت خلال نفس الفترة فى التربة التى عقمت بالإشعاع الشمسى لمدة شهر واحد، وارتفعت فى التربة التى عقمت بالتبخير.

٤- أدى التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهرين إلى مكافحة المرض بصورة كاملة وزيادة محصول البطيخ بمقدار خمسة أضعاف، بينما أدى التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهر واحد إلى إبطاء تقدم المرض - فقط - مع زيادة محصول البطيخ إلى أكثر من الضعف، فى الوقت الذى أدى فيه التبخير إلى وقف تطور المرض كثيرًا وزيادة المحصول بمقدار ثلاثة أمثال نباتات معاملة الشاهد التى زرعت فى تربة محقونة بالفطر (كما فى معاملات التعقيم) ولكنها لم تعقم.

ويستدل من دراسات Chellemi وآخرين (١٩٩٤أ) فى ولاية فلوريدا الأمريكية على أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أدى إلى رفع حرارة التربة إلى ٤٩,٥°م، و ٤٦,٠°م، و ٤١,٥°م عند عمق ٥، ١٥، و ٢٥ سم على التوالى، مقارنة بحرارة ٤٣,٨°م، و ٣٨,٩°م، ٣٦,٥°م عند نفس الأعماق - على التوالى - فى التربة غير المغطاة بالبلاستيك. وقد كانت عملية التغطية بالبلاستيك مصاحبة بنقص معنوى فى كثافة الفطرين *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، و *F. oxysporum* f. sp. *radicis- lycoperscici* حتى عمق ٥ سم، والبكتيريا *Ralstonia solanacearum* حتى عمق ١٥ سم، و الفطر *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* حتى عمق ٢٥ سم.

التأثيرات الأخرى الإيجابية والسلبية للتعقيم بالإشعاع الشمسى

التأثيرات الإيجابية

يؤدى التعقيم بالإشعاع الشمسى إلى تحقيق مزايا أخرى؛ نذكر منها ما يلى:

١- تزداد الكميات الميسرة لاستعمال النبات من بعض العناصر المغذية؛ مثل النيتروجين (فى صورتيه النتراتية والأمونيومية)، والكالسيوم، والمغنيسيوم (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤).

٢- يحدث انخفاض فى ملوحة التربة (Abdel-Rahim وآخرون ١٩٨٨)؛ بسبب تعريض التربة لرطوبة عالية لفترة طويلة قبل الزراعة، مع انعدام التبخر السطحى الذى يؤدى إلى تزهر الأملاح.

التأثيرات السلبية

يكون للتعقيم بالإشعاع الشمسى تأثيرات سلبية مؤقتة، نذكر منها ما يلى:

١- تقلل المعاملةُ أحيانا من تكوين العقد الجذرية لبكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى فى جذور البقوليات، كما حدث فى الفول الرومى؛ حيث تقزمت النباتات فى البداية، ولكنها استعادت نموها سريعًا بعد ذلك (Abdel-Rahim وآخرون ١٩٨٨). ويمكن التغلب على هذا التأثير السلبى بمعاملة بذور البقوليات ببكتيريا العقد الجذرية قبل الزراعة.

٢- تنخفض أعداد بعض كائنات التربة المفيدة — مثل فطريات الميكوريزا mycorrhizal fungi فى الطبقة السطحية من التربة، ولكن ليس إلى الدرجة التى تؤثر فى فعلها المفيد.

٣- تنخفض — جزئيًّا — أعداد بعض الكائنات الدقيقة المفيدة أثناء التعقيم؛ مثل بعض أنواع البكتيريا من جنسى *Bacillus*، و *Pseudomonas*، ولكنها تسترجع أعدادها الطبيعية سريعًا بعد ذلك (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤)، وتتفوق على غيرها، وتزداد أعدادها بدرجة كبيرة (Gamliel & Stapleton ١٩٩٣).

اختيار الأصناف المقاومة للزراعة

إن الأصناف المقاومة للأمراض كثيرة للغاية، وتتوفر المقاومة للآفات فى عدد أقل من الأصناف. ومتى توفرت الصفات البستانية المرغوب فيها فى صنف مقاوم لأحد الأمراض أو الآفات الهامة لا يكون من الحكمة عدم الاعتماد عليه فى الزراعة.

ونقدم – فيما يلى – قائمة بمصادر المقاومة للآفات فى بعض محاصيل الخضر (عن Putman وآخرين ١٩٩٩).

أولاً: أمثلة لأصناف مقاومة لنيماتودا تعقد الجذور:

١– الفاصوليا

Bountiful
Brittle Wax
Tender Pod
Wingard Wonder

٢– الذرة سكرية

Carmel Cross
Golden Beauty Hybrid
Golden Cross Bantam
Span Cross

٣– اللوبيا

California Blackeye No. 5
Colossus
Erectset
Floricream
Magnolia Buckeye
Mississippi Purple
Mississippi Shipper
Mississippi Silver
Pinkeye Purplehull
Zipper Cream

٤– البسلة

Burpeana Early
Wando

٥– الفلفل

All Big
Bontoc Sweet Long

World Beater

٦- البطاطا

Apache
Carver
Heartogold
Hopi
Jasper
Jewel
Nemagold
Nugget
Ruby
Sunnyside
White Bunch
Whitestar
White Triumph

ثانيًا: بعض أصناف البطاطس المقاومة للجرب

Alama
Cascade
Cherokee
La Rouge
Lemhi
Nooksack
Norchip
Norgold Russet
Norland
Ona
Onaway
Ontario
Plymouth
Pungo
Russet Burbank

Shurchip
Sioux
Superior
Targhee

ثالثًا: بعض أصناف الكرنب المقاومة للذبول الفيوزارى:

Blueboy
Blue Vantage
Charleston Wakefield
Charmant
Early Jersey Wakefield
Excel
Genesis
Globe
Golden Acre
Harvester Queen
Hercules
Jersey Queen
King Cole
Marion Market
Market Prize
Resistant Detroit
Rio Verde
Rocket Sanibel
Solid Blue Brand
Stonehead
Sun Up
Supermarket
Superpack F_1
Wisconsin All Season
Wisconsin Golden Acre
Wisconsin Hollander

رابعًا: أمثلة لبعض الأصناف من الخضر الصليبية المقاومة للخنفساء المبرقشة **harlequin bug**:

١- البروكولى

Atlantic
Coastal
Grande

٢- الكرنب

Copenhagen
Early Jersey Wakefield
Headstart
Market 86
Savoy Perfection Drumhead
Stein's Flat Dutch

٣- القنبيط

Early Snowball A
Early Snowball X

٤- الكولارد

Green Glaze
Morris Improved Heading
Vates

٥- الكيل

Vale

٦- الفجل

Champion
Cherry Belle
Globemaster
Red Devil
Red Prince
White Icicle

ويبين جدول (٢-٣) مزيدًا من الأمثلة عن حالات المقاومة للحشرات فى محاصيل الخضر.

جدول (٢-٣): أمثلة لبعض أصناف الخضر التي أظهرت مقاومة ضد بعض الحشرات والآفات الزراعية (عن Organic Vegetable IPM Guide, Mississippi State University Extension Service – الإنترنت – ٢٠٠٧، و Robinson ٢٠٠٧).

محصول الخضر	الصنف	الآفة
البروكولى	De Cicco	الخنفساء البرغوثية المخططة
الكرنب	Early Globe	دودة الكرنب القياسية
	Red Acre	دودة الكرنب القياسية
	Round Dutch	دودة الكرنب القياسية
الكرنب الصينى	Michihli	الفراشة ذات الظهر الماسى
الكولارد	Georgia	الخنفساء البرغوثية المخططة
الذرة السكرية	Merit	دودة الكوز
	Golden Security	دودة الكوز
الخيار	Poinsett	خنفساء الخيار المبقعة
	Ashley	خنفساء الخيار المبقعة
الكيل	Vates	الفراشة ذات الظهر الماسى
المسترد	Florida broadleaf	الفراشة ذات الظهر الماسى – الخنفساء البرغوثية المخططة
الفجل	Cherry Belle	الفراشة ذات الظهر الماسى
	White Icicle	الخنفساء المبرقشة
الروتاباجا	American Purple Top	الفراشة ذات الظهر الماسى – الخنفساء البرغوثية المخططة
الكوسة	Early Prolific (SN)	خنفسا الخيار المخططة
	Straight Neck	خنفسا الخيار المخططة
	White Bush Scallop	خنفسا الخيار المخططة
	Zucchini	خنفسا الخيار المخططة
البطاطا	Centennial	خنفساء البطاطا البرغوثية
	Jewel	خنفساء البطاطا البرغوثية
اللفت	Seven Top	الفراشة ذات الظهر الماسى – الخنفساء البرغوثية المخططة
البطيخ	Crimson Sweet	خنفساء الخيار المبقعة
الفاصوليا	Wade	الخنفساء البرغوثية المخططة

وجدير بالذكر أن المقاومة لأخطر أمراض الطماطم — وهو فيرس الاصفرار والتجعد — تتوفر فى عشرات من الأصناف الهجين ذات الصفات البستانية الجيدة، ويتكرر الأمر ذاته مع المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور، ويجب — بل يتعين — الاعتماد على زراعة أى من تلك الأصناف فى المواسم التى تشتد فيها خطورتها.

قلب الأسمدة الخضراء والمخلفات النباتية فى التربة

إن تكاثر البكتيريا التى تتواجد طبيعياً فى التربة الزراعية وتزايد أعدادها يُسهم فى تثبيط الإصابات المرضية بها؛ الأمر الذى يحدث عند قلب مخلفات زراعية فيها، وليس أدل على ذلك من أن إضافة المضادات الحيوية البكتيرية إلى التربة يقلل أو يلغى تقريبًا عملية التثبيط المرضى التى تصاحب قلب المخلفات الزراعية فى التربة (Kasuya وآخرون ٢٠٠٦).

الأسمدة الخضراء

الأسمدة الخضراء green manure crops هى المحاصيل التى تزرع وتقلب فى التربة فى مرحلة مبكرة من نموها؛ لغرض زيادة نسبة المادة العضوية فى التربة. وأغلب المحاصيل التى تستعمل كأسمدة خضراء هى من النباتات البقولية، إلا أن بعضها من النباتات النجيلية وغيرها من الأنواع النباتية. وللتفاصيل الخاصة بالأسمدة الخضراء، ومزاياها، وكيفية استعمالها .. يراجع حسن (١٩٩٨).

ويتباين تأثير الأسمدة الخضراء على شدة الإصابة بمختلف الأمراض فى مختلف المحاصيل، وكمثال على ذلك، نجد أن الإصابة بمرض جرب البطاطس — الذى يسببه الفطر *Streptomyces scabies* — تزداد عند استعمال الشعير كسماد أخضر، وتنخفض عند استعمال فول الصويا، بينما لا يكون للبسلة — كسماد أخضر — أية تأثيرات على المرض. ويؤدى قلب الشعير كسماد أخضر فى حقول البطاطس إلى خفض معدلات الإصابة — قليلاً — بالرايزكتونيا.

وبالمقارنة نجد فى محصول كالقطن أن قلب محصول أخضر — مثل الفاصوليا؛ أو

المسترد — يؤدى إلى زيادة شدة الإصابة بالفطر المسبب لمرض الذبول (*F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum*)، بينما يؤدى قلب البسلة كسماد أخضر إلى خفض شدة الإصابة بالفطر *Phymatotrichum omnivorum* المسبب لعفن الجذور (عن Palti ١٩٨١).

نباتات الفصيلة الكرنبية (الصليبيات)

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).

كما أدت حراثة مخلفات البروكولى فى التربة مع المعاملة بجرعة منخفضة من الميثام صوديوم metham-sodium إلى خفض مستوى تواجد الفطر *Verticillium dahliae* إلى نهاية موسم زراعة الخرشوف، مع انخفاض فى نسبة النباتات التى أصيبت بذبول فيرتسيليم (Berbegal وآخرون ٢٠٠٨).

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).

ومن بين الحالات الأخرى العديدة التى تبين فيها التأثير الإيجابى للتسميد الأخضر بالنباتات الصليبية، ما يلى:

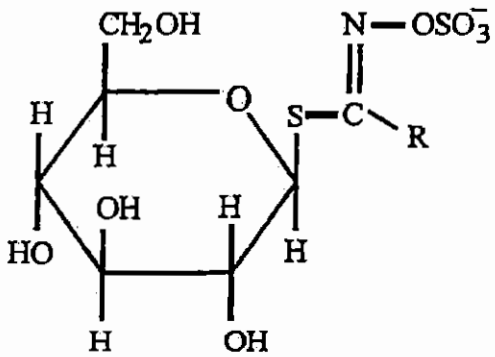
- أمكن مكافحة الفطر *Aphanomyces euteiches* – مسبب مرض عفن جذور أفانوميسس فى البسلة (والتى لا تعرف وسيلة فعالة لمكافحته) .. أمكن مكافحته بقلب مخلفات المحاصيل الكرنبية فى التربة، وقد تبين أن تأثيرها كان مرده إلى المركب 2-propenyl isothiocynate الذى ينتج من تحلل الكرنبيات.
- أفادت مخلفات الكيل فى مكافحة الفطر *Thielaviopsis basicola* فى الفاصوليا.
- وأفادت مخلفات الكرنب فى مكافحة الفطر *Verticillium dahliae*.
- وفى القنبيط يكافح ذبول فيرتسيليم بكفاءة عالية باستعمال مخلفات البروكولى إلى درجة التوصية بإدخال البروكولى فى دورة القنبيط.
- أمكن الحد من إصابة الكنتالوب بالفطر *Didymella bryoniae* مسبب مرض لفحة الساق الصمغية باستعمال مخلفات الكرنب.
- أمكن الحد كثيرًا من عدد جراثيم الفطر *Fusarium oxysporum conglutinans* باستعمال مخلفات عديد من محاصيل الكرنبيات، وازدادت فاعلية المعاملة عندما جُمع بينها وبين التشميس.
- كذلك خفضت مخلفات الصليبيات من أعداد البكتيريا *Rolstonia solanacearum* مسبب الذبول البكتيرى فى عدد من المحاصيل (Rosa & Rodrigues ١٩٩٩).

ولكن – وفى المقابل – لم يكن لقلب نباتات مزهرة من *Brassica napus*، أو *B. juncea* فى التربة تأثيرًا على مكافحة أى من الفطرين *Pythium* spp. (مسبب مرض الذبول الطرى)، أو *Fusarium oxysporum* (مسبب مرض الذبول الفيوزارى) فى البطيخ (Njoroge وآخرون ٢٠٠٨).

وبينما ثبَّطت المركبات المتطايرة المنطلقة من *Brassica rapa* نمو ستة فطريات من تلك التى تعيش فى التربة وتصيب الفراولة – وذلك عندما اختبر تأثيرها معمليًّا –

فإن قلب النبات فى التربة لم يكن مؤثرًا على بقاء مسببات الفراولة المرضية، إلاّ أنها قللت من نمو الفطر *Phytophthora cactorum* بنسبة ٢٠٪ (Mattner وآخرون ٢٠٠٨).

أمكن تعريف نحو ١٠٠ نوع مختلف من الجلوكوسينولات (شكل ٢-٢)، وهى تختلف تركيبيًّا – أساسًا – فى مجموعة الـ R، التى قد تكون أليفاتية aliphatic، أو أروماتية aromatic، أو مختلطة المجموعة الحلقية heterocyclic.



شكل (٢-٢): التركيب الأساسى للجلوكوسينولات **glucosinolates**.

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 (جدول ٢-٤) هى الأقوى بيولوجيًّا، حيث تُعد مضادات حيوية قوية لكل من الفطريات والثدييات 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).

جدول (٢-٤): الجلوكوسينولات glucosinolates والأيزوثيوسيانات التى أمكن عزلهـا مـن بعض المحاصيل الكرنبية (Charron & Sams ١٩٩٩).

المحصول	الجلوكوسينولات (بالميكرومول/جم)	الأيزوثيوسيانات
كرنب صينى	3-Indolylmethyl (1.43)	4-Pentenyl
	2-Hydroxy-3-butenyl (1.42)	
	5-Methylthiopentyl (1.33)	
	4-pentenyl (1.26)	
	4-Methoxyindolyl-3-methyl (1.03)	
	Phenylethyl (0.47)	
	3-Butenyl (0.40)	
	2-Hydroxy-2-phenylethyl (0.12)	
	3-Methylsuphinylpentyl (0.08)	
مسترد	Allyl (22.26)	Allyl
	3-Butenyl (2.15)	3-Butenyl
	3-Indolylmethyl (0.24)	Sec-butyl
	4-Methoxyindolyl-3-methyl (0.08)	
مسترد صينى	Allyl (19.52)	Allyl
	Phenylethyl (0.53)	3-butenyl
	3-Butenyl (0.48)	Sec-butyl
	3-Indolylmethy (0.34)	
	3-Methylthiopropyl (0.18)	
	4-Methoxyindolyl-3-methyl (0.13)	
كرنب	Allyl (5.14)	Allyl
	Indolylmethy (2.79)	
	4-Methoxyindolyl-3-methyl (0.27)	
	2-Hydroxy-3-butenyl (0.26)	
بروكولى	3-Indolylmethyl (1.39)	
	3-Butenyl (0.34)	
	4-Methoxyindolyl-3-methyl (0.29)	
	4-Methylthiobutyl (0.13)	
	2-Hydroxy-3-butenyl (0.12)	
	4-Methoxyindolyl-3-methyl (0.11)	
كيل	3-Indolylmethyl (3.63)	
	Allyl (3.08)	
	4-Methoxyindolyl-3-methyl (0.32)	
	4-Methoxyindolyl-3-methyl (0.11)	

يكثر تواجد الجلوكوسينولات فى عائلات رتبة Capparales، وهى:

Tovariaceae	Resedaceae
Capparaceae	Moringaceae
Brassicaceae	

كما توجد الجلوكوسينولات – كذلك – فى بعض الأنواع من عائلات من غير رتبة Capparales، مثل:

Caricaceae	Euphorbiaceae
Gyrotemonaceae	Limnathaceae
Salvadoraceae	Tropaeolaceae

وكما أسلفنا .. فإن التأثير السام لا يرجع إلى الجلوكوسينولات ذاتها، وإنما إلى نواتج تحللها الإنزيمى، وبخاصة النواتج التالية:

Isothiocynates	Organic cyanides
Oxazolidinethiones	Ionic thiocynate

ولقد استعرض Brown & Morra (١٩٩٧) ٧٨ نوعًا من الجلوكوسينولات، مع بيان بأسمائها العادية والكيميائية والأسماء العملية للنباتات المنتجة لها والأجزاء النباتية المتحصل منها عليها، كما أعطى بيانًا وافيًا بتأثير مختلف أنواع الأيزوسيانات الطبيعية على عديد من الكائنات الدقيقة.

وتعطى القائمة التالية بيانًا بالأيزوسيانات التى ثبت تأثيرها على عدد من المسببات المرضية وبعض الكائنات الدقيقة الأخرى (عن Rosa & Rodrigues ١٩٩٩):

المسبب المرضى أو الكائن الدقيق	الأيزوسيانات التى أثرت فيه
Staphylococus aureus	4-methyl sulfonylbutyl
Penicillium glaucum	4-methyl sulfonylbutyl
Aspergillus niger 11/13	2-phenylethyl- and 5- methylthiopentyl
Penicillium cyclopium 11/17	2-phenylethyl- and 5- methylthiopentyl
Rhizopus oryzae 5/1	2-phenylethyl- and 5- methylthiopentyl
Enterobacter cloacae	Benzyl-

المسبب المرضى أو الكائن الدقيق	الأيزوسيانات التى أثرت فيه
Candida albicans	Benzyl-
Escherichia coli	Benzyl-
Pseudomonas fluorescens	Benzyl-
Staphylococus albus	Benzyl-
Caenorhabditis elegans	Benzyl-
Peronospora parasitica	Allyl-
Aphanomyces euteiches	2-Phenylethyl-, Allyl- and Butyl-
Leptosphaeria maculans	Allyl- and But-3-enyl-
Pyrenopeziza brassicae	But-3-enyl-
Alternaria brassica	But-3-enyl-
Colletotrichum circinans	Allyl- and But-3-enyl-
Aspergillus alliaceus	Allyl- and But-3-enyl-
Aspergillus niger	Allyl- and But-3-enyl-
Gibberella saubinetii	Allyl- and But-3-enyl-
Botrytis cinerea	4-methyl-sufinylbu-3-enyl- and p-hydroxy-benzyl-
Monilinia laxa	4-methyl-sufinylbu-3-enyl- and p-hydroxy-benzyl-
Mucor piriformis	4-methyl-sulfinylbut-3-enyl-
Mycosphaerella brassicicola	Allyl-
Glomus mosseae	Allyl-

يمكن إضافة مخلفات الكرنبيات طازجة أو جافة؛ وإذا ما تم تجفيف المخلفات بحرص فإن تركيز المركبات النشطة بيولوجيًا يمكن أن يزداد كثيرًا إذا استعملت المخلفات المجففة، كما أن تحللها يكون أسرع من تحلل المخلفات الطازجة.

ويتوقف مدى تيسر الأيزوثيوسيانات فى التربة على طبيعتها، إذ يمكن أن تتفاعل مجموعات الأمين amine، والـ sulphydryl بالأيزوسيانات مع كل من الطين والمادة العضوية، كما يمكن أن تتفاعل الألايل أيزوثيوسينات allyl isothyanate براوبط الـ disulphide؛ بما يعنى أن الأراضى الغنية بالطمى والمادة العضوية يمكن أن تقل استفادتها من إضافة مخلفات الكرنبيات إليها.

قد تؤدى المركبات المتطايرة الناتجة عن تحلل مخلفات الكرنبيات إلى الإضرار ببعض

المحاصيل التالية لإضافتها فى الدورة؛ فمثلاً حدث ذبول بنباتات الطماطم التى زرعت فى أرض قلبت فيها مخلفات الكرنب (Rosa & Rodrigues ١٩٩٩).

نباتات خضراء أخرى

أدت حراثة نباتات البيقة الزغبية hairy vetch (أو *Vicia villosa*) فى التربة إلى الحد من الإصابة بالذبول الفيوزارى فى البطيخ، وازداد هذا التأثير للبيقة بزيادة مستوى المقاومة للفيوزاريم فى أصناف البطيخ المستعملة فى الزراعة؛ حيث بلغ الحد من انتشار المرض فى الأراضى التى زوِّدت بالبيقة ٢٢٪، و ٥٣٪، و ٦٣٪ – مقارنة بما حدث فى الأراضى التى لم تزود بالبيقة — وذلك عندما كانت الأصناف المستعملة فى الزراعة قابلة للإصابة، ومتوسطة المقاومة، وعالية المقاومة، على التوالى. وبينما انخفض تأثير معاملة التربة بالبيقة بزيادة مستوى فطر الفيوزاريم المسبب للذبول بها، فقد بدا أن خفض حدة الإصابة المترتب على تلك المعاملة كان مرتبطاً بزيادة فى عشائر البكتيريا فى التربة (Zhou & Everts ٢٠٠٧).

كما أدت معاملة التربة بأى من نباتات المانجروف mangrove (وهى: *Avicenna marina*، و *Rhizophora mucronata*) إلى إحداث نقص معنوى فى إصابة بادرات الطماطم بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne javanica* (Mehdi وآخرون ٢٠٠١).

المخلفات النباتية

تؤدى حراثة بعض المخلفات النباتية فى التربة إلى التأثير سلبيًّا 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

المرض	مسبب المرض	المخلفات النباتية التى أفادت فى مكافحته
عفن الجذور الأسود فى الفاصوليا	*Thielaviopsis basicola*	مخلفات الشوفان، والذرة، والبرسيم الحجازى
عفن أفانوميسس فى البسلة	*Aphanomyces euteiches*	مخلفات الصليبيات

ولكن يوجد — فى مقابل ذلك — مخلفات نباتية تؤدى حراثتها فى التربة إلى زيادة أعداد مسببات بعض الأمراض؛ مثل الحنطة السوداء التى تؤدى إلى زيادة إصابة البطاطس بالقشف الأسود الذى يسببه الفطر *R. solani*.

ويذكر Pandey & Dubey (١٩٩٤) أن إضافة أوراق نباتات *Hyptis suaveolens*، و *Murraya koenigii*، و *Ocimum canum* وخلطها بالتربة أفاد كثيرًا فى مكافحة فطرى الذبول الطرى *Pythium aphanidermatum*، و *P. debaryanum*. وقد رافق ذلك زيادة فى نشاط الكائنات المترممة فى التربة.

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

إضافات الكومبوست

التأثيرات الإيجابية لإضافة الكومبوست

إن إضافة الكومبوست إلى التربة قد تزيد من أعداد الكائنات الدقيقة التى تعيش فى المحيط الجذرى، والتى تكون مضادة للكائنات المرضة التى تصيب النبات عن طريق الجذور، وقد وجد أن ذلك يرتبط إيجابيًا بزيادة إنتاج الـ siderophore — بواسطة كائنات المحيط الجذرى — فى التربة (Alvarez وآخرون ١٩٩٥).

ولقد أمكن عمل ٤٩٣ عزلة (٢٤٥ من البكتيريا، و ٧٣ من الأكتينوميسيتات، و ١٧٥ من الفطريات) من عينات كمبوست فى درجات مختلفة من التحلل، وأظهرت الدراسة الأولية المختبرية أن ١٧٩ عزلة منها ثبطت نمو الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp.

melonis فى البيئة الصناعية، كما تبين أن راشح ١٠ عزلات فطرية منها — الخالى من الخلايا — كان مضادًا لفطر الفيوزاريم، وتبين — كذلك — أن التهوية الجيدة خلال عملية كمر الكومبوست كانت مناسبة لعزل الكائنات المضادة لفطر الفيوزاريم. وقد حُصل على أكثر العزلات فاعلية كمضادات للفيوزاريم من الكومبوست المكتمل التحلل، وكانت غالبيتها من الـ *Aspergillus* spp. (Suarez-Estrella وآخرون ٢٠٠٧).

وأفاد استعمال مختلف أنواع الكومبوست فى التسميد العضوى للطماطم فى تقليل إصابتها بالذبول الفيوزارى (Raj & Kapoor ١٩٩٧).

كذلك أدت إضافة الكومبوست إلى الأراضى الزراعية إلى تثبيط بعض الأمراض التى تظهر طبيعيًا فى كل من الخيار والكوسة، ومنها: الذبول الطرى ولفحة بثيم، وتبقع الأوراق الزاوى فى الخيار، والبقع البنية، وأعفان الجذور، والأنثراكنوز فى الفاصوليا (Stone وآخرون ٢٠٠٣).

وتفيد إضافة الكومبوست فى المكافحة الحيوية للذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum* فى كل من الخيار والبسلة. وقد أدى تعقيم الكومبوست إلى فقد ذلك التأثير؛ بما يفيد أهمية محتوى الكومبوست من الكائنات الدقيقة فى هذا الشأن (Chen & Nelson ٢٠٠٨).

وبينما لم يكن لاستعمال أنواع مختلفة للكومبوست كإضافات للتربة سوى تأثير ضئيل على الحد من إصابة الكنتالوب بالفطر *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* والباذنجان بالفطر *Verticillium dahliae*، فإن إضافة بكتيريا المحيط الجذرى *Paenibacillus alvei* (السلالة K16S) للكومبوست أسهمت بشكل فعال فى الحد من شدة الإصابة بالمرضين (Markakis وآخرون ٢٠٠٨).

وأوضحت الدراسات أن معاملة التربة بأى من الميكوريزا *Trichoderma viride* أو بكومبوست مخلفات البصل أدت إلى خفض حيوية الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium cepivorum* مسبب مرض العفن الأبيض فى البصل، وإلى مكافحة المرض بصورة جيدة، كانت — فى حالة استعمال كومبوست مخلفات البصل — مساوية لدرجة مكافحة المرض

عندما استعمل المبيد tebuconazole (فى صورة Folicur). أما إضافة كومبوست مخلفات مزارع المشروم فلم يكن لها تأثير فى مكافحة المرض إلاّ عندما استعمل معه فطر الميكوريزا، حيث ساعد الكومبوست الفطر على التغلغل فى التربة، ومن ثم زيادة فاعليته فى مكافحة المرض (Coventry وآخرون ٢٠٠٦).

ويمكن القول أن الفائدة التى تحدثها إضافة الكومبوست إلى التربة فى مكافحة الأمراض تعود إلى أربعة أدوار يمكن أن تقوم بها الكائنات الدقيقة التى تتواجد بكثرة فى الكومبوست، وهى: المنافسة مع المسببات المرضية، والعمل كمضادات حيوية لها، والتطفل عليها، وحث تكوين مقاومة جهازية بالنباتات.

ولقد أظهرت دراسة تم فيها فصل جذور الخيار إلى مجموعتين — كل منها فى وعاء مستقل عن الأخرى — أن إضافة الكومبوست إلى بيئة نمو جذور إحدى المجموعتين أدى إلى الحد من إصابة جذور المجموعة الأخرى بعفن الجذور الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum*، وهى الجذور التى كانت تتواجد فى بيئة ملوثة بالفطر المرض (Lievens وآخرون ٢٠٠١).

وفى دراسة مماثلة .. أدت إضافة السلالة 382 من الميكودرما *Trichoderma hamatum* إلى كومبوست بيئة نمو إحدى مجموعتى جذور الخيار إلى تقليل إصابة المجموعة الأخرى بالفطر *Phytopthora capsici* مسبب مرض عفن الجذور والتاج الفيتوفثورى، وهى الجذور التى كانت تتواجد فى بيئة ملوثة بالفطر، وهذا التأثير لم يختلف جوهريًا عن التأثير الذى أحدثته معاملة السقى بأى من المبيد benzothiadiazole أو mefenoxam (Khan وآخرون ٢٠٠٤).

مراحل كمر الكومبوست وما يمر به من تغيرات

تقسم عملية الكمر أثناء تكوين الكومبوست إلى ثلاث مراحل. تكون المرحلة الأولى خلال فترة الـ ٢٤ إلى الـ ٤٨ ساعة الأولى، وفيها ترتفع حرارة الخليط المتحلل تدريجيًا إلى ٤٠–٥٠°م مع حدوث تحلل للسكريات والمركبات الأخرى السهلة التحلل بيولوجيًا. أما فى المرحلة الثانية فإن الحرارة ترتفع إلى ٥٥–٧٠°م، وفيها تتحلل المركبات الأقل

سهولة فى التحلل البيولوجى مثل السيليلوز، وهى مرحلة تسود فيها الكائنات الدقيقة المحبة للحرارة thermophilic microorganisms، كما تُقتل أثناءها المسببات المرضية والبذور بفعل الحرارة العالية. ويتعين قلب كومات الكومبوست عدة مرات لتعريض كل أجزاء الكومة للحرارة العالية حتى يكون الكومبوست الناتج متجانسًا وخالٍ من المسببات المرضية وبذور الحشائش. ولسوء الحظ فإن معظم الكائنات الدقيقة المفيدة تموت هى الأخرى خلال تلك المرحلة من تكوين الكومبوست.

تبدأ المرحلة الثالثة والأخيرة — والتى تعرف بالمعالجة curing — مع تناقص تركيز المركبات السهلة التحلل بيولوجيًا، حيث يتبع ذلك انخفاض فى معدل التحلل وإنتاج الحرارة؛ فتنخفض درجة الحرارة. وفى هذا الوقت تبدأ الكائنات الدقيقة التى يمكنها النمو على حرارة تقل عن ٤٠°م فى استعمار خلطة الكومبوست من جديد بدءًا من الطبقة الخارجية الأقل حرارة ثم داخل الكومة، ويصاحب ذلك تثبيط للمسببات المرضية؛ ذلك لأن معظم الكائنات الدقيقة المفيدة فى المكافحة الحيوية تعاود استعمارها للكومبوست خلال تلك المرحلة كذلك (Hoitink وآخرون ١٩٩٧).

محتوى الكومبوست من الكائنات الدقيقة

من بين أهم الكائنات الدقيقة التى تفيد فى المكافحة الحيوية والتى وجدت فى الكومبوست ما يلى:

Bacillus spp.	*Entrobacter* spp.
Flavobacterium balustinum	*Pseudomonas* spp.
Streptomyces spp.	Gliocladium *virens*

وتعد رطوبة الكومبوست أكثر العوامل تأثيرًا فى استعمار البكتيريا له بعد انخفاض حرارته؛ ذلك لأن الكومبوست الجاف نسبيًا الذى تنخفض رطوبته عن ٣٤٪ (وزنًا بوزن) يُستعمر بواسطة الفطريات، ويكون محفزًا لأمراض البثيم. وللحد من الإصابة بالبثيم يجب أن تكون رطوبة الكومبوست عالية بالقدر الكافى (٤٠٪–٥٠٪ وزنًا بوزن) حتى يُستعمر بواسطة البكتيريا — إلى جانب الفطريات — بعد بدء انخفاض حرارته.

ولذا .. يتعين إضافة الماء دائمًا خلال مراحل الكمر لتجنب جفاف الكومبوست. كذلك يقل استعمار البكتيريا للكومبوست إذا انخفض رقم الـ pH فيه عن ٥,٠.

وأحيانًا .. تُلاحظ إصابة بالرايزكتونيا وبأمراض أخرى بعد إضافة الكومبوست للتربة، ويمكن تجنب ذلك إما بإطالة فترة تحضير الكومبوست إلى أربعة شهور، وإما بإضافة الكومبوست إلى حقل الزراعة قبل الزراعة بعدة شهور، وإما بتلقيح الكومبوست بالكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية للرايزكتونيا وغيره من المسببات المرضية التى قد تظهر (Hoitink وآخرون ١٩٩٧).

استعمال مستخلصات الكومبوست رشًّا على النموات الخضرية

تستخدم مستخلصات الكومبوست فى رش النموات الخضرية النباتية لمكافحة بعض الأمراض.

وتحضر تلك المستخلصات — غالبًا — بنقع الكومبوست التام التجهيز mature compst فى الماء بنسبة ١ : ١ (وزنًا بوزن) لمدة ٧–١٠ أيام، وقد يضاف إليه مواد تزيد من الأعداد الميكروبية فيه مثل المولاس، ويلى ذلك ترشيح المستخلص المائى للكومبوست. وتتأثر كفاءة استعمال الكومبوست لهذا الغرض حسب الكومبوست ذاته، والمحصول. والأمراض المستهدفة بالمكافحة. هذا مع العلم بأن تلك المستخلصات تحتوى على عديد من الأنواع البكتيرية والفطرية المستخدمة بالفعل فى المكافحة الحيوية.

كذلك يُنسب للكائنات الميكروبية الدقيقة الموجودة فى مستخلصات الكومبوست قدرتها على حث تكوين مقاومة جهازية فى النباتات التى تعامل بها (Hoitink وآخرون ١٩٩٧).

يستعمل مستخلص الكومبوست رشًّا فى مكافحة عديد من الأمراض، كما يستعمل سقيًا للتربة لأجل مكافحة الذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum* (Scheuerell & Manaffee ٢٠٠٤).

كما وُجِدَ أن رش النباتات بمستخلص مائى للأسمدة الحيوانية (روث الماشية أو

مخلوط من ورث الماشية وزرق الدواجن) المتحللة لمدة ١٠ أيام أدى إلى مكافحة الفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى فى كل من الخيار، والطماطم، والفلفل، والفطر *Leveillula taurica* مسبب مرض البياض الدقيقى فى الطماطم. كما أمكن عزل سلالتين بكتيريتين من مستخلص السماد كانتا على درجة عالية من الكفاءة فى مكافحة فطر العفن الرمادى (Elad & Shtienberg ١٩٩٤).

وقد أعطى تسميد الطماطم بالـ إى أم بوكاشى EM Bokashi – وهو سماد حيوى – مستوى من المقاومة ضد الفطر *Phytopthora parasitica* أعلى عما كان عليه الأمر عندما استعملت الأسمدة الكيميائية (Xu وآخرون ٢٠٠١).

ومن أمثلة حالات استخدام مستخلص الكومبوست فى مقاومة الأمراض، ما يلى:

● وُجِدَ أن المستخلص المائى لمخلوط السماد العضوى + القش المتخمرين يحتوى على أعداد كبيرة ومتنوعة من الأكتينوميسيتات، والبكتيريا، والفطريات، والخمائر، وكان المستخلص شديد الفاعلية فى مكافحة الفطر *B. cinerea* فى كل من الفاصوليا والخس. وقد أدى تعقيم المستخلص بالترشيح أو بالأوتوكليف إلى فقده لفاعليته (McQuilken وآخرون ١٩٩٤).

● أدى رش نباتات الخس بالمستخلص المائى لنقوع كومبوست السبلة مع القش إلى خفض شدة الإصابة بالفطر *Botrytis cinerea*. وبفحص هذا المستخلص تبين احتواءه على أعداد كبيرة وأنواع عديدة من كل من الأكتينوميسيتات (٠,٣–٢,٤ × ١٠^{٥} لكل مل)، والبكتيريا (١,٥–٥,٦ × ١٠^{١٠} لكل مل)، والفطريات الخيطية (٢٥–٤٥,٥ لكل مل)، والخمائر (٢٦,١–٦٢,٦ لكل مل) (McQuilken وآخرون ١٩٩٤).

● أمكن خفض معدل إصابة نباتات البامية بعفن كوانيفورا المائى choanephora wet rot بنسبة ٧٦٪ – مقارنة بالعفن فى نباتات الكنترول – عندما عوملت النباتات بمستخلص كومبوست قش الأرز المزود بالميكوريزا *Trichoderma harzianum* (Siddiqui وآخرون ٢٠٠٨).

● أمكن مكافحة الندوة المبكرة فى الطماطم (التى يُحدثها الفطر *Alternaria solani*) برش النباتات بمستخلص كومبوست أثناء تجهيزه وهو بعمر ١٤ يومًا (Tsror ١٩٩٩).

● أدى رش نباتات الطماطم بمستخلص مائى للكومبوست — وخاصة كومبوست سبلة الماشية إلى خفض شدة الإصابة ببقع الأوراق البكتيرية وتقليل أعداد البكتيريا *Xanthomonas vesicatoria* — المسببة للمرض — على الأوراق. حدث ذلك سواء استعمل فى المعاملة المستخلص المائى مباشرة، أم بعد تعقيمه فى الأوتوكليف أو بالترشيح، كما لم يختلف مستوى المكافحة للمرض الذى تحقق باستعمال مستخلص الكومبوست عن المستوى الذى تحقق بالمعاملة بالمركب المنشِّط acibenzolar-S-methyl (Al-Dahmani وآخرون ٢٠٠٣).

الزراعة فى مخاليط البيت موس

إن الاسفاجنم بيت الداكن اللون الأكثر تحللاً والمتحصل عليه من عمق ١,٢م أو أكثر من ذلك يكون غالبًا منخفضًا فى النشاط الميكروبى، كما أنه غالبًا ما يحفز الإصابة بأعفان بثيم وفيتوفثورا الجذرية. هذا بينما غالبًا ما يكون الاسفاجنم بيت موس الفاتح اللون الأقل تحللاً (والمتحصل عليه من قرب السطح فى الـ "peat bogs") ذا نشاط ميكروبى عال، ويتميز بالقدرة على تثبيط الإصابة بأعفان الجذور (عن Hoitink وآخرين ١٩٩٧).

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	*Phymatotrichum omnivorum*
Phytophthora spp.	*Pyrenochaeta lycopersici*
Rhizoctonia solani	*Sclerotinia* spp.
Sclerotium spp.	*Streptomyces* spp.
Thielaviopsis basicola	*Verticillium* spp.

يمكن أن يكون هذا التسميد العضوى فى صورة سبلة ماشية أو كومبوست أو سماد أخضر أو مخلفات نباتية وجميعها تنشط التربة حيويًا؛ بما يُسهم فى منافسة الكائنات المرضة أو مضادتها حيويًا.

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 العضويةُ نُموَّ الكائنات المترممة فى التربة، التى تثبط — بدورها — نمو الكائنات المرضة 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.

أدى استعمال سبلة الدواجن فى تسميد الكرنب — عند الشتل — بمعدل ٣٠٠ جم للنبات إلى إحداث نقص جوهرى فى الإصابة بمرض تتأل الجذور (الذى يسببه الفطر *Plasmodiophora brassicae*) عندما فحصت الجذور بعد ١٢٠ يومًا من الشتل. حيث

أن شدة دليل الإصابة انخفض من ٩,٩ فى نباتات الكنترول إلى ٦,٦ فى النباتات المعاملة (Velandia وآخرون ١٩٩٨).

كما وجد Gamliel & Stapleton (١٩٩٣) أن إضافة زرق الدواجن (سماد كتكوت) مع التعقيم بالإشعاع الشمسى كان أفضل من معاملة الإشعاع الشمسى — منفردة — فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور فى الخس.

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 *Fusarium 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 ومسببات الأمراض التى تستخدم تلك النباتات فى مكافحتها، ما يلى (عن Palti ١٩٨١).

المرض والمسبب المرضى والعائل	النباتات التى أفادت فى التخلص منه
تثأل جنور الصليبيات *Plasmodiophora brassicae*	الزوان، و *Papaver rthoeas*، *Reseda odorata*
الجرب المسحوقى فى البطاطس *Spongopora subterranea*	الداتورة
الهالوك *Orobanche* spp.	دوار الشمس، والقرطم، والكتان، والبرسيم الحجازى، والحمص
العدار *Striga asiatica*	حشيشة السودان
نيماتودا تعقد الجنور *Meloidogyne* spp.	*Tagetes patula*، و *Sesamum orientale*، والخروع، والأقحوان (الكريزانثيمم)، والفول السودانى

المرض والمسبب المرضى والعائل	النباتات التى أفادت فى التخلص منه
نيماتودا تقرح الجذور *Pratylenchus penetrans*	*Tagetes patula*
النيماتودا *Trichodorus* spp.	الأسبرجس

ومن الممكن حماية الحقل من الحشرات الناقلة للفيروسات بزراعة العوائل التى تفضلها الحشرة بين خطوط الزراعة. فمثلاً .. وجد Al-Musa (١٩٨٢) فى الأردن أن زراعة الخيار أو الباذنجان أو الذرة بين خطوط الطماطم — قبل الشتل بشهر — أدت إلى خفض معدل الإصابة بفيرس تجعد واصفرار الأوراق فى الطماطم؛ لأن الحشرة فضلت هذه العوائل على الطماطم. وقد كان الخيار أكثرها جاذبية للحشرة. كما أوصى Yassin (١٩٨٣) باتباع هذه الطريقة فى مكافحة نفس المرض فى السودان.

وتزداد فاعلية هذه الطريقة عند رش النباتات الصائدة بالمبيدات الجهازية التى تعمل على قتل الحشرات التى تحط عليها أولا بأول.

ومن الأمثلة الأخرى لحالات النباتات الصائدة لمسببات الأمراض، ما يلى:

١- زراعة أصناف بطاطس متوسطة المقاومة للنيماتودا الذهبية *Globodera pallida* فى المواسم الباردة، وحصادها قبل حلول الجو الدافئ.

٢- زراعة الصليبيات ثم قلبها فى التربة قبل اكتمال تطور النيماتودا المكونة للحوصلات فيها.

يتطلب اللجوء إلى المحاصيل الصائدة فى مكافحة الحشرات الإلمام بكثير من الحقائق، كما يلى:

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 فى الحقل؛ ففى معظم الأحيان يُركَّز فى زراعة المحاصيل الصائدة على جذب الآفة وتقييد حركة طورها المكتمل النمو، فلا تتحرك نحو المحصول الرئيسى. ولكن إذا ما كانت الأفراد الكاملة النمو لها قدرة عالية على الطيران، ولم يكن المحصول الصائد جاذبًا لها بالقدر الكافى، 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 تموت 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؛ فمثلاً .. أمكن حماية نباتات الفلفل، والكرفس، والطماطم من حشرة المنّ الحاملة لفيرس Y البطاطس Potato Virus Y بإحاطتها بحزام عرضه ١٥م من عباد الشمس. وقد أدى رش هذا الحزام بالملاثيون إلى زيادة كفاءته فى عدم وصول الفيرس إلى النباتات فى الحقل.

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 – أيًّا 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 كمتلقٍ 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).

الزراعة المختلطة لمحصولين — معًا — فى الحقل الواحد

تفيد الزراعة المختلطة mixed cropping لمحصولين — معًا — فى الحقل الواحد إلى الحد من إصابة أحد المحصولين بآفة ما. ومن أمثلة ذلك ما يتبع فى اليابان حيث يزرع اليقطين bottle gourd (وهو *Lagenaria siceraria*) مع بصل ويلز *Allium fistulosum*.

وفى هذه الحقول نادرًا ما يشكل الذبول الفيوزارى (الذى يسببه الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lagenariae*) أى مشكلة. وقد أُرجع ذلك إلى بكتيريا — ربما كانت *Pseudomonas* spp. تستعمر جذور بصل ويلز وتفرز مضادات فطرية مثل الـ pyrrolnitrin الذى ينتشر فى المحيط الجذرى لليقطين حيث يثبط المسبب المرضى (Whipps ١٩٩٧).

معاملات البذور

مكافحة أعفان البذور ومرض تساقط البادرات بمعاملة نقع البذور قبل الزراعة

تعرف معاملة نقع البذور فى محاليل ذات ضغط إسموزى عالٍ قبل زراعتها باسم معاملة الـ Seed Priming. وقد تستعمل فى هذه المعاملة محاليل لمركبات عضوية مثل محاليل البوليثيلين جليكول Polyethlene glycol، أو لأملاح معدنية، مثل نترات البوتاسيوم. وهى تجرى — أساسًا — بهدف إسراع إنبات البذور وتحسين نسبة إنباتها (يراجع لذلك حسن ١٩٩٨)؛ الأمر الذى يفيد — كذلك — فى تقليل الإصابة بأعفان البذور وبمرض تساقط البادرات.

كما يمكن تحقيق استفادة أكبر من الـ Seed Priming — فى هذا الشأن — بتغليف البذور عقب معاملة الـ Priming بالبكتيريا *Pseudomonas fluorescens*؛ وهى بكتيريا تفيد فى المكافحة الحيوية للفطر *Pythium ultimum*؛ وهو أحد أهم الفطريات المسببة للذبول الطرى. كما يمكن تحقيق نفس الهدف بإضافة البكتيريا إلى محلول نقع البذور. وقد أفادت هذه المعاملة فى حماية بذور البسلة والخيار والبنجر من الإصابة بالذبول الطرى.

كذلك تمكن Callan وآخرون (١٩٩١) من حماية أصناف الذرة السكرية المحتوية على الجينات shrunken-2 (sh-2)، و sugary enhancer (se)، و sugary (su) (وهى التى تُحدث زيادة فى نسبة السكر بالحبوب، ولكنها تتسبب كذلك — فى تأخير الإنبات، وتعرض البذور للإصابة بالأعفان، ومن ثم ضعف نسبة إنبات البذور الحاملة لها) .. لقد تمكن هؤلاء الباحثون من حماية تلك الأصناف من الإصابة بالفطر

P. ultimum؛ وذلك بتغليف البذور عقب إجراء عملية الـ priming لها بالبكتيريا *P. fluorescens*. وكان تأثير هذه المعاملة فى مكافحة الذبول الطرى مماثلاً لتأثير معاملة البذور بالمبيد الفطرى metalaxyl.

ونؤجل التطرق إلى تفاصيل معاملة البذور بالبكتيريا المستخدمة فى المكافحة الحيوية إلى الفصل الخاص بالمكافحة الحيوية.

معاملة البذور بالماء الساخن

تكافح بعض الأمراض التى تنتقل عن طريق البذور بنقع البذور فى ماء تبلغ حرارته ٥٠°م لمدة ٢٠–٣٠ دقيقة حسب المحصول. ويوضح جدول (٢–٥) درجات الحرارة وفترات المعاملة المناسبتين لمكافحة بعض الأمراض الفطرية والبكتيرية التى تنتقل عن طريق البذور فى عدد من محاصيل الخضر (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

وتجدر الإشارة إلى أن المسببات المرضية توجد فى هذه الحالات المبينة فى جدول (٢–٥) داخل البذور؛ أى أنها تكون مصابة infected، ولا تكون ملوثة سطحيًا بالآفة infested فقط. وتؤدى المعاملة الحرارية إلى القضاء على المرض داخل البذرة.

جدول (٢–٥): معاملات بذور الخضر بالماء الساخن للتخلص من مسببات الأمراض.

الخضر	الحرارة (°م)	المدة (دقيقة)	الأمراض التى تكافح
البروكولى – القنبيط	٥٠	٢٠	الألترناريا Altenaria
			قاعدة الساق السوداء Black leg
			العفن الأسود Black rot
كرنب بروكسل – الكرنب	٥٠	٢٥	الألترناريا
			قاعدة الساق السوداء
			العفن الأسود
الكرفس	٤٨	٣٠	التدوة المبكرة – التدوة المتأخرة
الباذنجان	٥٠	٢٥	عفن البذور
الفلفل	٥٠	٢٥	تبقع الأوراق البكتيرى
الطماطم	٥٠	٢٥	الأنثراكنوز – التقرح – التبقعات

وتزداد كفاءة المعاملة عندما تضاف مبيدات أو مركبات معينة إلى الماء المدفأ الذى تنقع فيه البذور.

كذلك أمكن تخليص بذور الجزر من الإصابة بالفطر *Alternaria dauci* وذلك بمعاملتها بالماء الساخن على حرارة ٥٤°م لمدة ٢٠ دقيقة دون التأثير على إنباتها (Hermansen وآخرون ١٩٩٩).

معاملة البذور بالمبيدات

تقوم الشركات المنتجة للبذور – عادة – بإجراء تلك المعاملة التى تكون بهدف حماية البذور من الإصابة بالأعفان قبل إنباتها، وحماية البادرات الصغيرة – لفترة محدودة بعد إنباتها – من الإصابة بالأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة؛ وتحدث الإصابة بها عن طريق الجذور. وتحدث المعاملة تأثيرها من خلال ذوبان المبيد العالق بالبذور فى المحلول الأرضى فى موقع الزراعة قريبًا من البذور والبادرات التى تنبت منها.

معاملة التقاوى لتخليصها من البكتيريا

بداية .. يجب أن تُستعمل فى الزراعة تقاوٍ معتمدة خالية من الإصابات المرضية المختلفة وموثوق بها؛ فإن لم تتوفر هذه التقاوى يتعين معاملة التقاوى المستخدمة فى الزراعة بالطريقة المناسبة التى تعمل على تخليصها من مسببات الأمراض البكتيرية.

فمثلاً .. يؤدى استخلاص بذور الطماطم بطريقة التخمر إلى تخليصها من البكتيريا المسببة لمرض التقرح البكتيرى. أما إن لم تستخلص البذور بطريقة التخمر فإنه يتعين معاملتها بحامض الأسيتيك بتركيز ٠,٦٪ لمدة ٢٤ ساعة فى حرارة ثابتة مقدارها ٢١°م. توضع البذور أثناء المعاملة فى كيس من القماش أو الشاش. ويراعى تقليب البذور جيدًا أثناء المعاملة؛ ليصل المحلول إلى كل البذور (عن Strider ١٩٦٩).

كذلك أمكن بالمعاملة الحرارية والكيماويات تخليص بذور الطماطم كلية من الأنواع البكتيرية التالية:

Pseudomonas syringae pv. *tomato*
P. corrugata
Xanthomonas campestris pv. *vesicatoria*
Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis*

وقد أجريت المعاملة بنقع البذور – بنسبة جزء بالوزن من البذور إلى ٤ أجزء بالحجم من المركب الكيميائى – فى محلول يحتوى على كل من:

Cupric acetate
Acetic acid
Pentachloronitrobenzene
5-ethoxy-3(trichloromethyl)-1-2,4-thiadiazole
Triton X-100

وذلك لمدة ساعة كاملة على حرارة ٤٥ ± ٠,١ °م فى حمام مائى، علمًا بأن البكتيريا *Pseudomonas syringae* vp. *corrugata* هى الوحيدة التى احتاجت إلى هذه المعاملة. بينما قضى على باقى الأنواع البكتيرية بالنقع فى محلول المركبات الكيميائية لمدة ٣٠ دقيقة على حرارة ٢٥ °م. ولم يكن لهذه المعاملة أية تأثيرات سلبية على نسبة إنبات بذور الطماطم أو قوة نمو البادرات، وقد أرجع تأثير المعاملة إلى تكوين الكيماويات المستعملة لمركب نحاسى عضوى معقد (Kritzman ١٩٩٣).

وفى الصليبيات .. تنتقل البكتيريا *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* – مسببة مرض العفن الأسود – عن طريق البذور، ويتم التخلص منها – عادة – بمعاملة البذور بالنقع فى الماء الدافئ، ولكن Shiomi (١٩٩٢) تمكن من تخليص بذور الكرنب تمامًا من هذه البكتيريا بتجفيفها أولاً على حرارة ٤٠ °م لمدة ٢٤ ساعة، ثم تعريضها لحرارة ٧٥ °م لمدة ٥–٧ أيام. ولم تكن لهذه المعاملة أية تأثيرات ضارة على حيوية البذور.

كذلك تعامل البذور – لتخليصها من البكتيريا – بعديد من المركبات، مثل:

١– مركبات الزئبق والنحاس.

٢– هيبوكلوريت الصوديوم Sodium hypochlorite.

٣- الـ malachite green.

٤- الـ phenacridane chloride.

٥- حامض الكبريتيك.

٦- المضادات الحيوية:

يستعمل الاستربتومايسين بتركيز ٤٠٠ جزء فى المليون مع نقع البذور فى محلول المضاد الحيوى لمدة ١٨ ساعة لمكافحة بكتيريا *Clavibacter betae* التى تسبب تبقعات بالأوراق فى بعض الخضر.

كما أمكن مكافحة بكتيريا *Pseudomonas phaseolicola* المسببة لمرض اللفحة الهالية فى الفاصوليا بمعاملة البذور بكل من الاستربتومايسين streptomycin، والكازوجاميسين Kasugamycin.

هذا .. إلا أنه لم يمكن مكافحة *Xanthomonas campestris* فى بذور الصليبيات بمضادات حيوية؛ لأن التركيزات القاتلة للبكتيريا كانت أيضًا سامة للبذور (عن Dixon ١٩٨١).

المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية

أدت معاملة بذور الكرنب بالأشعة فوق البنفسجية ذات المدى الموجى C (UV-C) بجرعة ٣,٦ كيلوجول/م^{٢} (kJm^{-2}) إلى خفض الإصابة بالعفن الأسود الذى تسببه البكتيريا *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* فى النباتات الناتجة من زراعة تلك البذور، وذلك من خلال حث حالة المقاومة، علمًا بأن النباتات الناتجة من معاملة البذور كانت الأفضل فى مختلف صفات الجودة (Brown وآخرون ٢٠٠١).

معاملة الأجزاء الخضرية المستخدمة فى التكاثر

المعاملة بالحرارة

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° 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 bradys*	
أبصال وبصيلات البصل	الفطر *Peronospora destructor*	البياض الزغبى
شتلات الفراولة	النيماتودا *Aphelenchoides fragariae*	
	النيماتودا *A. ritzemabosi*	

المعاملة بالتبريد الفائق

يكون لمعاملة التبريد الفائق أهميتها فى معامل زراعة الأنسجة.

أدى التبريد الفائق للقمة الخضرية النامية ومعها ٣-٤ مبادئ أوراق لنباتات بطاطا نامية فى بيئة صناعية ومصابة بفيتوبلازما الورقة الصغيرة little leaf phytophasma إلى تخليصها من الفيتوبلازما، حيث كانت جميع النباتات الناتجة من زراعة القمم الميرستيمية المعاملة بتلك الطريقة (التى يطلق عليها cryotherapy) خالية من الإصابة مقارنة بنسبة ٧-١٠٪ من النباتات الخالية من الإصابة لدى زراعة قمم خضرية مماثلة ولكن دون معاملتها بالتبريد الفائق.

ولقد وجد أن عملية الـ cryotherapy كانت قاتلة لجميع الخلايا فيما عدا تلك التى توجد فى القبة الميرستيمية القمية وفى أصغر اثنتان من بادئات الأوراق، علمًا بأن تلك الأجزاء من القمة النامية الخضرية احتوت على نسيج وعائى وعناصر لحاء ولم يكن بها أى فيتوبلازما. وبالمقارنة وجدت أعداد كبيرة من الفيتوبلازما فى عناصر اللحاء التى تقع فى الأجزاء السفلى — أسفل القبة القمية بنحو ١,٠-١,٥مم — والتى قُتلت بفعل عملية التبريد الفائق (Wang & Valkonen ٢٠٠٨).

التكاثر بالتطعيم

يلجأ القليلون من منتجى الخضر إلى إكثارها بالتطعيم فى مصر، وفى أى من الدول العربية الأخرى؛ ولكن هذا الأسلوب فى إكثار الخضر ينتشر كثيرًا فى بعض دول شمال غربى أوروبا، وخاصة هولندا — حيث يقتصر هناك على الزراعات المحمية — وفى بعض دول جنوب شرقى آسيا — وخاصة كوريا واليابان — حيث يطبق فى كل من الزراعات الحقلية المكشوفة والزراعات المحمية على حد سواء.

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

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

١- مكافحة بعض الأمراض الهامة التى تعيش فى التربة، وتصيب النباتات عن طريق الجذور.

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

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

٣- تحفيز امتصاص الماء والعناصر الغذائية.

٤- زيادة قوة النمو النباتى، وطول فترة الحصاد.

ويوضح جدول (٢-٦) بعض أهم الأنواع النباتية المستخدمة كأصول مع مختلف محاصيل الخضر، وطرق التطعيم المتبعة، والغاية من وراء التطعيم فى كل حالة (عن Lee ١٩٩٤).

جدول (٢-٦): الأصول المستخدمة لتطعيم محاصيل الخضر عليها، وطرق التطعيم المتبعة، والغاية من التطعيم.

المحصول	الأنواع الشائعة الاستعمال كأصول [أ]	طرق التطعيم [ب]	الهدف من التطعيم [جـ]
البطيخ	الجورد *Lagenaria siceraria* var. *hispida*	١	١، ٢
	هجن نوعية [د]	١، ٢	١، ٢، ٣
	الجورد الشمعى *Benincasa hispida*	١، ٣	١، ٢
	قرع عسلى من: *Cucurbita pepo*	٢، ٣	١، ٢، ٣
	النوع *Cucurbita moschata*	١، ٢	١، ٢، ٣
	Sicyos angulatus	٢	٥
الخيار	الجورد *Cucurbita ficifolia*	٢	١، ٢، ٣
	هجن نوعية [د]	١، ٢	١، ٢، ٣

تابع جدول (٢-٦).

المحصول	الأنواع الشائعة الاستعمال كأصول (أ)	طرق التطعيم (ب)	الهدف من التطعيم (جـ)
	الهجين: *Cucubita maxima* x *C. moschata*	٢	١، ٢، ٤
	الخيار *Cucumis sativus*	٢	١، ٢
	النوع: *Sicyos angulatus*	٢	٢، ٥
القاوون	*Cucmis melo*	٢، ٣	١
الطماطم (د)	*Lycopersicon pimpinellifolium*	٣	٥
	Lycopersicon hirsutum	٣	٥
	Lycopersicon esculentum	٣	٥
الباذنجان	*Solanum integrifolium*	٢، ٣	٦
	Solanum torvum	٢، ٣	٧

(أ) لم تذكر أسماء الأصناف العديدة – المستعملة كأصول – من كل نوع.

(ب) طرق التطعيم: ١- الإيلاج فى ثقب hole insertion، و ٢- التطعيم اللسانى tongue approach، والتطعيم بالشق cleft grafting.

(جـ) الهدف من التطعيم: ١- مقاومة الذبول الفيوزارى، و ٢- تحفيز النمو، و ٣- تحمل الحرارة المنخفضة، و ٤- إطالة فترة النمو، و ٥- مقاومة النيماتودا، و ٦- مقاومة الذبول البكتيرى، و ٧- تقليل الإصابة الفيروسية.

(د) يُحصل على عديد من الهجن النوعية عن طريق مزارع البيضات المخصبة.

هـ – تغيرت الأسماء العلمية لتلك الأنواع – منذ عام ٢٠٠٧ – على النحو التالى (عن Peralta وآخرين ٢٠٠٧):

- تغير *Lycopersicon pimpinellifolium* إلى *Solanum pimpinellifolium*.
- تغير *Lycopersicon hirsutum* إلى *Solanum habrochaites*.
- تغير *Lycopersicon esculentum* (الطماطم) إلى *Solanum lycopersicum*.

ويذكر Lee (١٩٩٤) الأصول المبينة فى جدول (٢-٧) – كأمثلة – لمقاومة أمراض الطماطم التى تعيش مسبباتها فى التربة.

جدول (٢-٧): المقاومة التى توفرها بعض أصول الطماطم الشائعة الاستعمال فى كل من كوريا واليابان ضد الإصابة ببعض الأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة(أ).

الأصل الجذرى	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
PFN	S	R	S	S	R	R
PFNT	R	R	S	S	R	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.

وبرغم أن عملية التطعيم ذاتها تجرى فى هذه الدول بكفاءة عالية (حيث يلزم — مثلاً — لإنتاج ٣٠٠٠ بادرة خيار مطعومة نحو ٦ ساعات عمل من كل ٧ أفراد)، إلا أن عدة شركات يابانية اتجهت — بالفعل — نحو أَتْمَتَةَ هذه العملية؛ حيث تم تطوير عدة أنواع من الروبوتات التى يمكنها القيام بها بسرعة فائقة (عن Kurata ١٩٩٤).

ونعطى — فيما يلى — عزيدًا 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 عالٍ مماثل من المقاومة للفطر (Trionfetti Nisini وآخرون ٢٠٠٠).

● بينما أدى تعقيم التربة بالتشميس solarization إلى التخلص من الفطر *Verticillium dahliae* بدرجة عالية من الكفاءة، فإن تأثير التشميس كان جزئيًا فقط ضد كل من الفطر *Pyrenochaeta lycopersici* مسبب مرض عفن الجذور الفلينى ونيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. وقد أمكن مكافحة الأمراض الثلاثة — فى الباذنجان — بتطعيمه على أصل الطماطم الهجين Brigeor (المقاوم لعفن الجذور الفلينى ونيماتودا تعقد الجذور)، مع تعقيم التربة بالتشميس، وهى العملية التى أعطت مكافحة جيدة لكل من الذبول الفيوزارى ومعظم الحشائش (Ioannou وآخرون ٢٠٠١).

● 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 ٪، و 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).

وقد أمكن تحديد المركبات المضادة للفطريات التى تتواجد فى الأصلين الجذريين للطماطم: Taibyo Shinko No. 1 (الذى حُصل عليه من الهجين النوعى: *L. esculentum* x *L. hirsutum*) والصنف Kyoryoku Beiju، ووجد أنها كانت:

- أربعة أحماض دهنية أيدروكسيلية غير مشبعة.
- حامض داى كربوكسيلك (وهو azeliac acid).
- الكينون: 2,6-dimethoxy-p-benzoquinone.
- خمسة مركبات فينولية هى: الـ vanillin، والـ syringaldehyde، والـ p-hydroxybenzaldehyde، والـ p-hydroxybenzoic acid، والـ vanillic acid (Nagaoka وآخرون ١٩٩٥).

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

تأثير إمرار أجسام صلبة واحتكاكها دوريًّا بالشتلات فى حمايتها من الإصابات الحشرية

من المعاملات التى طورت فى تسعينيات القرن الماضى كبديل لمعاملات منظمات النمو؛ لغرض الحد من النمو الزائد للشتلات فى المشاتل — إمرار أجسام صلبة لتحتك بالشتلات عدة مرات يوميًّا، وهى تعرف بمعاملة "التفريش" Brushing. وتستخدم لذلك عدة وسائل؛ أهمها أنابيب البولى فينايل كلورايد التى يتم ضبط ارتفاعها لتمر على أطراف النباتات يدويًّا أو ميكانيكيًّا (للتفاصيل الخاصة بهذا الموضوع .. يراجع حسن ١٩٩٨).

وقد تبين أن هذه المعاملة تؤثر – كذلك – سلبيًا على بعض الإصابات الحشرية. فقد أوضحت دراسات Latimer & Oetting (١٩٩٤) – على شتلات الطماطم، والباذنجان، والبطيخ – أن معاملة الاحتكاك أدت إلى خفض أعداد المنّ والتربس عند إجراء العدوى بها بعد أسبوع من بدء المعاملة. ومن المعلوم أن الجروح البسيطة يكون لها تأثيرات سلبية على تغذية الحشرات وتكاثرها.

تجنب الزراعة بالقرب من المحاصيل التى تصاب بنفس الأمراض

لبيان أهمية ذلك .. نورد الأمثلة التالية:

١- يصيب الفيرس موزايك الخيار كلا من، الخيار، والقاوون، والكرفس، والفلفل بسهولة، وينتقل منها إلى الطماطم بواسطة حشرة المنّ.

٢- يصيب فيروسا X و Y البطاطس نباتات البطاطس، وينتقلان منها إلى الطماطم بالطرق الميكانيكية.

٣- يصيب فيرس ذبول الطماطم المتبقع عددًا من نباتات الزينة، وينتقل منها إلى الطماطم بواسطة حشرة التربس.

ويؤدى عدم زراعة محاصيل ثانوية بالقرب من محصول أو محاصيل رئيسية إلى تجنب إصابة الأخيرة بالأمراض التى تصيبهما معًا.

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).

الزراعة الرأسية على دعائم

تفيد زراعة الطماطم رأسيًا على دعائم فى الحد من إصابتها بأمراض النموات الخضرية (مثل الندوة المبكرة) وأعفان الثمار بعد الحصاد (بما فى ذلك الأنثراكنوز)، وزيادة فاعلية برامج الرش الأسبوعى بالمبيدات الفطرية (Tietjen وآخرون ٢٠٠١).

مسافة الزراعة

نجد بصورة عامة أن شدة الإصابات المرضية تزداد بزيادة كثافة 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 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.

أما الذبابة البيضاء .. فإن أعدادها تكون — عادة — كبيرة للغاية، وعلى الرغم من أنه يمكن باستعمال المبيدات الحد من أضرارها كآفة حشرية، إلا أنه يكون من الصعب — عادة — التخلص منها بصورة شبه كاملة لكى لا تعمل كناقل للفيروسات، علمًا بأنه يكفى عادة ذبابة واحدة إلى ثلاث ذبابات بيضاء حاملة لأحد الفيروسات لكى تنقله إلى نبات سليم عند تغذيتها عليه.

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. تثبت هذه الأغطية على سطح التربة قبل الزراعة لتحقيق عدة أهداف (يراجع فى ذلك حسن ١٩٩٨)، ولكن ما يهمنا فى هذا المقام أنها تعمل على طرد الحشرات؛ بسبب انعكاس الأشعة فوق البنفسجية من عليها؛ الأمر الذى يحدث ارتباكا لبعض الحشرات (مثل: المن، 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 المن، والتى لا يفيد معها — كثيرًا — استعمال المبيدات ضد المن؛ حيث يمكن أن تنقل الحشرة الفيرس إلى النبات السليم قبل أن تموت بفعل المبيد.

ونقدم – فيما يلى – عرضا لبعض الدراسات التى أجريت فى هذا المجال:

● يستدل من دراسات Wyman وآخرين (١٩٧٩) على أن أعداد حشرة المن المجنح المهاجر إلى حقول الكوسة انخفضت بنسبة ٩٦٪، و ٦٨٪ عند استعمال أغطية بلاستيكية – للتربة – ألومنيومية وبيضاء اللون على التوالى. وقد شكل منّ الخوخ الأخضر نحو ٩٢٪ من أعداد المنّ التى تم اصطيادها، والتى كانت من ١٦ نوعًا.

وبينما بلغت نسبة الإصابة بفيرس موزايك البطيخ (وهو الفيرس الوحيد الذى وجد بالحقل) نحو ٩٠٪ من معاملة الشاهد، فإن الإصابة انخفضت بنسبة ٩٤٪، و ٧٧٪ فى معاملتى أغطية التربة على التوالى. وقد صاحب ذلك زيادة فى المحصول بلغت حوالى ٤٣٪، وكانت الزيادة أكبر فى المحصول المبكر؛ حيث بلغت ٨٥٪، و ٦٩٪ فى معاملتى أغطية التربة على التوالى.

● ويذكر Schwartz & Hamel (١٩٨٠) أن استعمال أغطية للتربة من رقائق الألومنيوم أدى فى الكوسة إلى خفض أعداد حشرة المنّ، وتأخير الإصابة بالفيرس، وزيادة المحصول، كما أدى استعمالها فى الطماطم إلى نقص الإصابة بصانعات الأنفاق، والبقة الخضراء. وتدل هذه الدراسة على أهمية انعكاس الضوء من رقائق الألومنيوم فى خفض شدة الإصابتين الحشرية والفيروسية، ولكن لا يمكن – بالطبع – استعمال تلك الأغطية فى الإنتاج التجارى للخضر؛ بسبب تكلفتها الباهظة.

● وقد وجد Schalk & Robbins (١٩٨٧) أن استعمال الأغطية البلاستيكية الفضية للتربة فى حقول الطماطم كان طاردًا لحشرة المنّ، ولكنه أدى إلى زيادة الإصابة بحشرتى دودة الطماطم (*Helicoverpa zea*) والـ tomato pinworm (*Keiferia lycopersicella*).

● وقد انخفضت شدة الإصابات الفيروسية فى حقول الكوسة – فى ولاية أوكلاهوما الأمريكية – عند استعمال أى من أغطية التربة البلاستكية البيضاء، أو الألومنيومية العاكسة للضوء، أو السوداء المطلية بالألومنيوم، وكانت أكثرها فاعلية – فى زيادة المحصول وخفض الإصابة الفيروسية – الأغطية الألومنيومية العاكسة للضوء (Conway وآخرون ١٩٨٩).

● كما أوضحت دراسات Greenough وآخرين (١٩٩٠) أن استعمال تلك الشرائح البلاستيكية ذات السطح الألومنيومى مع محصولى الطماطم والفلفل أدى إلى تخفيض أعداد حشرة التربس التى أمكن اصطيادها بنسبة ٦٨٪ فى الطماطم، و ٦٠٪ فى الفلفل، وصاحب ذلك نقص فى نسبة الإصابة بفيرس ذبول الطماطم المتبقع — الذى ينقله التربس — بنسبة ٦٤٪ فى الطماطم، و ٧٨٪ فى الفلفل.

● هذا .. وقد تبين من دراسات Lamont وآخرين (١٩٩٠) أن طلاء شريط ألومنيومى على سطح الأغطية البلاستيكية السوداء، أو استعمال أغطية عاكسة للضوء — بيضاء أو ألومنيومية — أدى (فى ولاية كارولينا الشمالية) إلى تأخير ظهور أعراض الإصابة بفيرس موزايك البطيخ رقم ٢ فى الكوسة — الذى ينقله المنّ — ولكنه لم يمنع الإصابة أو انتشارها، وخاصة فى نهاية موسم النمو.

● وفى ولاية ألاباما الأمريكية وجد Brown & Brown (١٩٩٢) أن حشرة التربس كانت أكثر تواجدًا على نباتات الطماطم التى استعمل فى إنتاجها غطاء بلاستيكى أبيض للتربة، مقارنة باستعمال غطاء بلاستيكى أسود، أو بلاستيكى بلون الألومنيوم، أو بدون غطاء. هذا .. إلا أن الفروق التى لوحظت فى بداية موسم النمو تقلصت تدريجيًّا بمرور الوقت؛ حيث غطت النباتات مساحات متزايدة من الغطاء البلاستيكى للتربة. وقد كان التربس *Frankliniella occiodentalis* أكثر الأنواع تواجدًا فى هذه الدراسة.

● كما درس Brown وآخرون (١٩٩٣) تأثير عدة ألوان من أغطية التربة البلاستيكية فى حقول الكوسة على أعداد حشرة المنّ، ومدى انتشار الإصابة بفيروسات موزايك الخيار، وموزايك البطيخ رقمى ١، و ٢، وموزايك الزوكينى الأصفر، وموزايك الكوسة. وقد أوضحت الدراسة أن البلاستيك الفضى اللون أعطى محصولاً قابلاً للتسويق أعلى من الكنترول (بدون غطاء بلاستيكى للتربة). وكانت الألوان الأخرى المستخدمة (الأبيض، والأصفر، والأسود بحافة صفراء) متوسطة فى تأثيرها على أعداد المنّ والإصابات الفيروسية. وقد أدى استعمال الغطاء البلاستيكى الفضى منفردًا — بدون استعمال المبيدات الحشرية — إلى تأخير بداية ظهور مختلف الإصابات الفيروسية بنحو ١٠–١٣ يومًا.

● ويستدل من دراسات Csizinsky وآخرين (١٩٩٥) — التى استعملوا فيها أغطية بلاستيكية زرقاء، وبرتقالية، وحمراء، وألومنيومية، وصفراء، وبيضاء — على أن أعداد حشرة المنّ التى تم اصطيادها من على نباتات الطماطم كانت أقل ما يمكن عندما استعمل البلاستيك الألومنيومى والأصفر، وأعلى ما يمكن عندما استعمل البلاستيك الأزرق. كما وجدت أقل أعداد للتربس عندما استعمل البلاستيك الألومنيومى، وكانت أقل أعداد للذبابة البيضاء عندما استعمل البلاستيك الأصفر. وكان نقص أعداد الذبابة البيضاء عندما استعمل البلاستيك الأصفر مصاحبًا بتأخير فى ظهور أعراض الإصابة بفيرس تبرقش الطماطم tomato mottle virus — الذى تنقله الذبابة البيضاء — وزيادة فى المحصول.

● وفى دراسة قورن فيها تأثير معاملة أغطية التربة العاكسة للضوء، مع كل من الرش بالمبيدات، والرش بالزيوت المعدنية، أو الجمع بين أكثر من معاملة منها — معًا — على إصابة الكوسة بفيرس تبقع الباباظ الحلقى Papaya Ringspot Virus W — الذى ينقله المنّ — وجد Pinese وآخرون (١٩٩٤) ما يلى:

١- قللت أغطية التربة البلاستيكية ذات السطح الفضى نسبة المخاطرة Hazard Ratio للإصابة بالفيرس إلى ٠,٣٢، مقارنة بـ ١,٠ فى معاملة الشاهد.

٢- تساوت معاملة الجمع بين الرش بالزيت المعدنى ألبارول Albarol بنسبة ١٪، والرش بالمبيد الحشرى ميتاسيستوكس ٢٥٠ Metasystox 250 مع معاملة الغطاء الفضى العاكس فى خفض نسبة المخاطرة للإصابة بالفيرس.

٣- كانت أكثر المعاملات فاعلية هى الجمع بين الغطاء الفضى اللون للتربة والرش بكل من الزيت المعدنى والمبيد؛ حيث أدت إلى خفض نسبة المخاطرة إلى ٠.١٦، وتضاعف فيها محصول الثمار الخالية من أعراض الإصابة، وزادت فيها عدد مرات الحصاد إلى أكثر من الضعف مقارنة بمعاملة الشاهد.

٤- كان الغطاء البلاستيكى الأسود للتربة — منفردًا — فعالاً جزئيًا؛ حيث قلل نسبة المخاطرة إلى ٠,٦٦ وكان هذا التأثير جوهريًا مقارنة بالكنترول.

٥- لم تكن الأغطية البلاستيكية الزرقاء والرمادية مؤثرة؛ حيث كانت نسبة المخاطرة معهما ٠,٨٦، و ٠,٩٩ على التوالى.

٦- كان الزيت المعدنى ألبارول أكثر فاعلية من الزيت لوفس Lovis، حينما استعمل أى منهما مع المبيد ميتاسيستوكس ٢٥٠؛ حيث كانت نسبة المخاطرة ٠,٢٦، و ٠,٤٦ فى المعاملتين على التوالى.

● وأدى رش مصاطب الزراعة بطلاء فضى، أو استعمال نوعان من الأغطية البلاستيكية الفضية اللون إلى طرد حشرات المنّ المهاجرة، وتأخير بداية الإصابة بعدد من الفيروسات فى الكوسة فى كاليفورنيا؛ فقد تأخرت بداية ظهور الأعراض المرضية على النباتات التى استعملت معها تلك المعاملات بنحو ٧-١٠ أيام مقارنة بالنباتات التى لم تعامل. وبمقارنة أعداد النباتات التى ظهرت عليها أعراض الإصابات الفيروسية .. تبين ظهور أعراض الإصابة بفيرس واحد - على الأقل - قبل القطفة الأولى - على ٣٠٪ من النباتات فى العروة الربيعية وعلى ١٠٠٪ من النباتات فى العروة الخريفية، وذلك فى النباتات التى لم تعامل بالغطاء الفضى (الطلاء الفضى أو الغطاء البلاستيكى الفضى)، بينما كانت النسب ١٠-١٥٪، وأقل من ١٠٪ فى النباتات التى أعطيت معاملة الغطاء الفضى فى العروتين، على التوالى. وكان الغطاء الفضى أكثر كفاءة فى طرد المنّ عن الغطاء الأبيض اللون. وكانت الثمار الصالحة للتسويق فى معاملة الغطاء الفضى للتربة أعلى بنسبة ٧٠٪ فى العروة الربيعية، وبنسبة ٧٥-٨٠٪ فى العروة الخريفية، عما فى نباتات معاملة الكنترول. وعلى الرغم من أن النباتات التى استعمل معها الغطاء الفضى للتربة أصيبت بالفيروسات فى نهاية الأمر، إلا أنها استمرت فى إنتاج نسبة أعلى من الثمار الصالحة للتسويق خلال معظم موسم الحصاد عمّا فى نباتات الكنترول. ويستفاد من هذه الدراسة أن الطلاء الفضى الذائب فى الماء - والذى يتحلل بيولوجيًا - أفضل من أغشية البوليثيلين الفضية اللون. لأن الطلاء يمكن حرائته فى التربة فى نهاية موسم الزراعة، ولا يحتاج إلى إزالته والتخلص منه، مثلما يحدث مع الأغطية البلاستيكية (Summers وآخرون ١٩٩٥).

● كذلك أدى استعمال الغطاء الألومنيومى للتربة فى الأردن إلى تأخير بداية ظهور أعراض الإصابات الفيروسية فى الكوسة بنحو أسبوعين مقارنة بنباتات الكنترول، وبنحو أسبوع واحد مقارنة بمعاملة رش النباتات بالزيت المعدنى JMS Stylet Oil، بينما لم يكن للرش بأى من الزيوت الأخرى التى استعملت (Sun oil & date palm) أى تأثير على

الإصابة الفيروسية مقارنة بالكنترول. وقد أدى تأخير بداية ظهور الإصابة إلى نقص شدتها عندما بلغت النباتات مرحلة الحصاد، مع زيادة فى أعداد الثمار التى كانت صالحة للتسويق. وكانت أكثر الفيروسات تواجدًا فى هذه الدراسة فيرس موزايك الزوكينى الأصفر، ثم فيرس موزايك البطيخ رقم ٢، ثم فيرس موزايك الخيار (Mansour ١٩٩٧).

● وقد قارن Brown وآخرون (١٩٩٦) تأثير استعمال ألوان مختلفة من الأغطية البلاستيكية العاكسة للضوء للتربة على محصول الكوسة وإصابته بالأمراض الفيروسية. وقد وجدوا أن المحصول كان أعلى فى معاملات أغطية التربة — مقارنة بمعاملة الكنترول التى زرعت بدون غطاء بلاستيكى للتربة — وذلك بنسبة ٩٦٪ عندما استعمل غطاء بلاستيكى مطلى بالألومنيوم، وبنسبة ٩٨٪ عندما استعمل غطاء بلاستيكى أبيض اللون، وبنسبة ٧٥٪ عندما استعمل غطاء بلاستيكى أسود. وقد تجمع فى مصائد المنّ أعداد أكبر من الحشرة عندما كانت التربة غير مغطاة بالبلاستيك، أو عندما استعمل معها البلاستيك الأسود عمّا كان عليه الحال عندما استعمل غطاء بلاستيكى مطلى بالألومنيوم. وكانت الإصابة الفيروسية أعلى بنسبة ٧٢٪ عندما استعمل الغطاء البلاستيكى الأسود، وبنسبة ٦٨٪ عندما رشت النباتات بالدايازينون Dizainon مع عدم استعمال غطاء بلاستيكى للتربة، وبنسبة ٥٩٪ عندما كانت التربة بدون غطاء بلاستيكى، وبنسبة ٥٧٪ عندما استعمل غطاء بلاستيكى مطلى بالأصفر، وبنسبة ٥٧٪ عندما استعمل غطاء بلاستيكى أبيض، وذلك مقارنة بمعاملة استعمال غطاء بلاستيكى بطلاء ألومنيومى. كما تأخرت بداية ظهور أعراض الإصابة بكل من فيرس موزايك الزوكينى الأصفر وفيرس موزايك الخيار بمقدار ثلاثة أسابيع فى معاملة الغطاء البلاستيكى ذى الطلاء الألومنيومى، مقارنة بكل من معاملة التربة غير المغطاة، والتربة غير المغطاة مع الرش بالدايازينون.

● ولا يكون استعمال هذه الأغطية البلاستيكية للتربة — العاكسة للضوء — مفيدًا إلا مع الأصناف القابلة للإصابة بالفيروسات (فيرس موزايك الزوكينى الأصفر وفيرس موزايك الخيار) والأصناف الحساسة لها، حيث لم يكن استعمالها مجديًا مع أصناف الكوسة المتحملة للإصابة (Ansanelli وآخرون ١٩٩٧).

● كما أدى استخدام الغطاء البلاستيكى الفضى للتربة إلى خفض أعداد بيض الذبابة البيضاء بأوراق الفاصوليا خلال الأسبوع الأول بعد الإنبات، وذلك بالمقارنة بالكنترول، بينما لم يتحسن تأثير الغطاء البلاستيكى الفضى بزراعة الكوسة كمحصول صائد فى حقل الفاصوليا (Smith وآخرون ٢٠٠٠).

● وأفاد استعمال أغطية التربة العاكسة للضوء — وخاصة الألومنيومية مقارنة بالفضية — إلى تقليل تواجد الذبابة البيضاء *B. argentifolii* فى حقول الطماطم وخفض إصابتها بفيرس تبرقش الطماطم tomato mottle virus الذى تنقله تلك الذبابة (Csizinszky وآخرون ١٩٩٩).

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).

وقد وجد أن استعمال الأغطية البلاستيكية الصفراء للتربة مع الرش اليومى لنباتات الطماطم بمبيد Smash أدى إلى خفض الإصابة بالفيرس فى صنف الطماطم TY20 إلى ٢,٢٪ فى وادى الأردن الذى تكون الإصابة فيه بالفيرس عالية للغاية فى العروة الخريفية)، مقارنة بنحو ٤٥٪ باستعمال بلاستيك شفاف مع الرش أسبوعيًّا بالمبيد (عن Zamir وآخرين ١٩٩١).

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

كذلك وجد أن استعمال البلاستيك الأصفر كغطاء للتربة مع رش النباتات بمستحلب زيت فول الصويا، أو استعمال الغطاء الألومنيومى كانا أفضل من استعمال الأغطية البلاستيكية السوداء والبيضاء فى خفض أعداد الذبابة البيضاء *Bemisia argentifollii* التى تصيب الطماطم (Csizinszky وآخرون ١٩٩٧).

الأغطية البلاستيكية الحمراء

أفاد استعمال الغطاء البلاستيكى الأحمر للتربة فى زيادة محصول الطماطم وتقليل تأثرها بالأعداد الكبيرة من يرقات نيماتودا تعقد الجذور بالتربة (M. J. Kasperbauer — ٢٠٠٨ — الإنترنت).

الأغطية البلاستيكية السوداء

على الرغم من أن أعراض الإصابة بذبول فيرتسيليم ظهرت فى ٥٠٪ من النباتات مبكرة بمقدار ١٣ يومًا عندما استعمل الغطاء البلاستيكى الأسود للتربة، مقارنة بما كان عليه الحال عندما لم يستعمل الغطاء البلاستيكى، إلا أن النباتات التى استعمل معها الغطاء البلاستيكى كانت أقوى نموًا، وكانت ثمارها أكبر حجمًا عندما أعطيت جرعة إضافية من النيتروجين مقارنة بثمار الكنترول (Elmer & Ferrandino ١٩٩١)

استعمال قش الأرز كغطاء للتربة لجذب الحشرات

أدى استعمال قش الأرز كغطاء للتربة وقت زراعة البذور إلى تأخير انتشار الإصابة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم فى حقول الطماطم لمدة ٣ أسابيع. وصاحب ذلك نقص أعداد حشرة الذبابة البيضاء الناقلة للفيرس فى الحقل، وكانت الحشرة تنجذب نحو القش بسبب لونه الأصفر، ثم تموت بسبب حرارته العالية. وقد انخفضت فاعلية القش بعد ثلاثة أسابيع من فرشه على سطح التربة، وصاحب ذلك تحوله إلى اللون الرمادى (Cohen وآخرون ١٩٧٤).

كذلك اتبعت هذه الوسيلة فى حماية الخيار من الإصابة بفيرس اصفرار عروق الخيار Cucumber Vein Yellowing Virus — الذى تنقله — أيضًا — الذبابة البيضاء.

الغطاء النباتى الحىّ للتربة

حُصِلَ على مكافحة جيدة للذبابة البيضاء مع تأخير فى إصابة نباتات الطماطم بفيرس تبرقش الطماطم الأصفر tomato yellow mottle virus الذى تنقله إليها الذبابة البيضاء، بخفض التلامس بين نباتات الطماطم الصغيرة — فى بداية حياتها — والذبابة

البيضاء، وذلك باستعمال غطاء للتربة من النباتات الحية كان أبرزها الكسبرة. أدى استعمال هذا الغطاء إلى خفض أعداد الحشرات البالغة القادمة إلى حقل الطماطم. وقد كان اتباع هذه الطريقة مناظرًا — فى تأثيره على مكافحة الذبابة وخفض إصابة الطماطم بالفيرس — لتأثير استعمال أى من الأغطية البلاستيكية العاكسة للضوء أو المبيد الحشرى imidacloprid (Hilje & Stansley ٢٠٠٨).

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 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 (يراجع حسن ١٩٩٨ لتفاصيل استعمالات هذه الأغطية).

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.

ففى كاليفورنيا .. لم يُجْدِ الرشُّ بالمبيدات الحشرية فى مكافحة الذبابة البيضاء والأمراض الفيروسية التى تنقلها الذبابة إلى الكوسة. وبالمقارنة .. أدى إبعاد الذبابة البيضاء تمامًا عن النباتات - من بداية الإنبات حتى بداية عقد الثمار - بأغطية بالبوليسترين إلى منع إصابتها بكل من: فيروسى التفاف أوراق الكوسة، واصفرار الخس المعدى خلال تلك المرحلة الحرجة من نموها، وصاحب ذلك زيادة المحصول إلى أكثر من ٢٠ مثل محصول النباتات غير المغطاة، فضلاً على أن معظم ثمار النباتات غير المغطاة كانت مشوهة الشكل.

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 (عن Etoh ١٩٩٤).

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

ويذكر Natwick & Durazo (١٩٨٥) أن استخدام المبيدات الحشرية لم يجد فى مكافحة الذبابة البيضاء، والأمراض الفيروسية التى تنقلها إلى الكوسة فى كاليفورنيا. وبالمقارنة .. فقد أدى منع الذبابة البيضاء من الوصول إلى النباتات تمامًا - من بداية الإنبات حتى بداية عقد الثمار بتغطيتها بغطاء من البوليستر - إلى منع الإصابة بفيرس التفاف أوراق الكوسة كليًا تقريبًا خلال مرحلة حرجة من النمو النباتى؛ مما أدى إلى زيادة المحصول بأكثر من ٢٠ ضعف، بالمقارنة بعدم التغطية.

وأوضحت الدراسات التى أجريت فى المكسيك إمكان خفض الإصابة بفيرس الالتفاف والتبرقش Curly Mottle Virus، وفيرس موزايك الزوكينى الأصفر فى البطيخ بنسبة ٨٠٪-١٠٠٪؛ باستعمال أغطية البوليسترين غير المنسوجة، علمًا بأن هذين الفيروسين ينتقلان بواسطة حشرة المنّ (The Agir Plastics Report - المجلد الثالث - العدد الثالث - سبتمبر ١٩٨٧).

وفى دولة الإمارات .. أدى استعمال أغطية البولى بروبلين (أجريل بى ١٧) لمدة ٣٨ يومًا من الزراعة — مقارنة بعدم استعمالها — مع الرش بالمبيدات الحشرية فى كلتا الحالتين إلى نقص نسبة النباتات المصابة بالاصفرار والتدهور على النحو التالى (وافى وآخرون ١٩٨٨):

عدد الأيام من الزراعة	الإصابة فى النباتات المغطاة (%)	الإصابة فى النباتات غير المغطاة (%)
٣٠	صفر	٢,٩
٧٠	٠,٥	٢٢,٦
نهاية الموسم	٣١	٥١,٠

هذا مع العلم بأن الاصفرار والتدهور مرض فيروسى ينتقل بواسطة الذبابة البيضاء، ويصيب مختلف القرعيات (Hassan & Duffus ١٩٩٠).

وفى إيطاليا .. وجد Tomassoli وآخرون (١٩٩٣) أن الغطاء غير المنسوج Lutrasil Thermoselect وفر حماية كافية لنباتات الكوسة من الإصابة بفيرس موزايك الزوكينى الاصفر، وفيرس موزايك الخيار اللذين ينتقلان بواسطة المنّ.

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 على 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 النباتية 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 أدى استعمال الأغطية النباتية الطافية لنباتات الكوسة بعد شتلها مباشرة ولمدة ١٨ يومًا فقط (حيث أُزيلت 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).

وفى دراسة أخرى .. أسهم استعمال الأغطية النباتية فى خفض أعداد الذبابة البيضاء بكفاءة عالية فى حقل الكوسة. هذا مع العلم بأن الغطاء النباتى ساعد — كذلك — فى رفع درجة الحرارة والرطوبة النسبية تحت الغطاء، الأمر الذى يساعد على زيادة سرعة تكاثر الذبابة فى حالة تواجدها تحت الغطاء؛ وهو ما قد يؤدى إلى نقص المحصول الصالح للتسويق ومتوسط وزن الثمرة (Qureshi وآخرون ٢٠٠٧).

كذلك أدى استعمال غطاء نباتى طافٍ agrotextile floating row cover يزن ١٠ جم/م^{٢} مع الجزر لمدة ٣٥ يومًا بعد الزراعة إلى خفض إصابته بسوسة الجزر *Listronotus oregonensis* بنسبة تراوحت بين ٦٥٪، و ٧٥٪؛ بما يعنى إمكان الاستغناء عن المكافحة الكيميائية لتلك الآفة فى حالات تواجدها القليل إلى المتوسط (Rekika وآخرون ٢٠٠٨).

تعد فترة الحماية من الحشرات الناقلة للفيروسات قبل الإزهار كافية لإنتاج محصول جيد من الكوسة. ولكن يتعين فى حالة القاوون الاهتمام بمكافحة تلك الحشرات بالوسائل الأخرى بعد رفع الغطاء نظرًا لأن ثمار القاوون يلزمها نحو ٣٥–٤٥ يومًا من العقد إلى حين وصولها إلى مرحلة اكتمال النضج الاستهلاكى. مقارنة بأيام قليلة فقط فى حالة الكوسة. وقد وجد Vaissiere & Froissart (١٩٩٦) أن استعمال الغطاء على شكل أنفاق مع فتح الأنفاق من أحد جوانبها عند بداية الإزهار سمح بحدوث تلقيح جيد، مع المحافظة فى الوقت ذاته على مستوى جوهرى من الحماية ضد الإصابة بالحشرات الناقلة للفيروسات.

وإلى جانب فائدة أغطية النباتات فى الحماية من الإصابات الفيروسية، فإن الشركات المنتجة لها (مثل: Sodoca، و Beghin Say، و Neuberger Spa) تذكر أنها تساعد كذلك على الإنبات السريع والمتجانس للبذور، كما تؤدى إلى زيادة المحصول

المبكر والكلى، وإطالة موسم نمو المحصول، وحمايته من الصقيع والطيور، وبعض الحشرات، وكذلك حمايته من الرياح القوية، والأضرار التى يحدثها تساقط الأمطار الغزيرة، وتهيئ بيئة مناسبة للنمو النباتى.

تغطية النباتات بشباك بيضاء طاردة للحشرات

أدى وضع شباك بوليثيلين بيضاء اللون — أعلى مستوى نباتات الفلفل بنحو ٥٠ سم — 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 × ٣مم، وخيوط قطرها ١,٣مم — 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 × ٣٠سم 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 سم (عن Palti ١٩٨١).

التخلص من النباتات المصابة

يفيد هذا الإجراء — خاصة — فى الزراعات المحمية إذا اكتشفت الإصابة فى مرحلة مبكرة من النمو، وعندما يكون عدد النباتات المصابة قليلاً. ويعد هذا الإجراء ضروريًا فى حالات الإصابة الفيروسية، كما يجب تطهير الأيدى قبل لمس النباتات السليمة. وتتوقف عملية إزالة النباتات المصابة إذا اكتشفت الإصابة بعد مرور أكثر من شهر ونصف إلى شهرين من الشتل؛ نظرًا لأن الإصابات المتأخرة تكون قليلة التأثير على المحصول.

دور الرطوبة الأرضية ومعدلات وطرق الرى

بصورة عامة .. نجد أن الرى بالتنقيط يقلل من فرصة انتشار الإصابات المرضية، بينما يعمل الرى بالغمر على انتقال جراثيم المسببات المرضية على امتداد خطوط الزراعة، ويزيد الرى بالرش من ابتلال الأوراق ويرفع الرطوبة النسبية حولها؛ مما يزيد من فرصة الإصابات المرضية (عن Isakeit & Philley ٢٠٠٧).

دور الرطوبة الأرضية والرى بالغمر وبالتنقيط

ترتبط المستويات المرتفعة من الرطوبة الأرضية — عادة — بزيادة شدة الإصابة بالأمراض؛ حيث تتوفر فى هذه الظروف أغشية من الرطوبة — حول حبيبات التربة — يمكن أن تتحرك فيها الجراثيم. كما أن التربة الغدقة تؤدى إلى إضعاف المجموع الجذرى؛ مما يؤدى إلى سهولة إصابته بالأمراض. وبالمقارنة .. فإن بعض الأمراض يناسبها جفاف التربة؛ كما يلى (عن Palti ١٩٨١، و Ristaino وآخرين ١٩٨٩):

المسبب المرضى	المرض	المحصول
أمراض يناسبها التربة الجافة		
Fusarium solani f. sp. *batatas*	عفن الساق	البطاطا
F. solani f. sp. *pisi*	عفن الجذر والساق	البسلة
Streptomyces ipomeae	الجدرى	البطاطا
S. scabies	الجرب العادى	البطاطس
Macrophomina phaseolina	العفن الفحمى	الفاصوليا والقطن
أمراض يناسبها التربة المبتلة		
Rhizoctonia solani	أعفان الجذور	عدة محاصيل
Thielaviopsis basicola	العفن الأسود	الفاصوليا
Sclerotium rolfsii	اللفحة الجنوبية	عدة محاصيل
Sclerotinia sclerotiorum	العفن القطنى	عدة محاصيل
Phytophthora parasitica	عفن فيتوفثورا الجذرى	الطماطم
Pythium sp.	أمراض البادرات	عدة محاصيل
Fusarium sp.	أمراض البادرات	عدة محاصيل
Phoma sp.	أمراض البادرات	عدة محاصيل
Rhizoctonia sp.	أمراض البادرات	عدة محاصيل

ونسوق من الدراسات التى أجريت عن تأثير الرطوبة الأرضية والرى بالغمر وبالتنقيط على انتشار الأمراض تلك التى يسببها الفطر *Phytophthora capsici*، وهى: مرض عفن الجذر والتاج الفيتوفثورى فى الفلفل، ومرض عفن جذور وثمار القرعيات.

وقد وُجِدَ فى الفلفل أن الرى بالغمر وزيادة الرطوبة الأرضية بأية وسيلة (بالرى بالتنقيط أو بسبب زيادة معدلات الأمطار) يؤدى إلى زيادة شدة الإصابة بالمرض. وفى المقابل .. ذُكِرَ أن الرى كل خطين — بدلاً من كل خط — يُسهم فى خفض حدة الإصابة بالفطر.

ويُستدل — كذلك — من دراسات Café-Filho & Duniway (١٩٩٥أ) على أن المرض يتناسب طرديًّا مع معدل الرى بالغمر؛ حيث لم يؤثر الفطر على المحصول عند إجراء الرى كل ثلاثة أسابيع، بينما كان النقص فى المحصول معنويًّا عند الرى كل أسبوع أو كل أسبوعين. وبالمقارنة .. لم يكن للرطوبة الأرضية تأثير يذكر على الإصابة بالمرض فى الأصناف المقاومة؛ حيث لم تحدث أية إصابة — أو كانت الإصابة قليلة للغاية — فى جميع معاملات الرى.

وفى دراسة أخرى .. وجد الباحثان Café-Filho & Duniway (١٩٩٥ب) أن رى نباتات الكوسة بطريقة الغمر أسبوعيًّا أدى إلى سرعة تطور مرض عفن الجذور والثمار وزيادة شدة الإصابة، مع نقص المحصول إلى ٤٠٪ من محصول معاملة الكنترول، وظهور أعراض الإصابة على نحو ٢٠٪ من محصول الثمار. وبالمقارنة .. لم يتأثر محصول المعاملات التى كانت تروى كل ١٤ أو ٢١ يومًا.

كذلك ازدادت إصابة الفاصوليا بالعفن الأبيض (*Sclerotinia sclerotiorum*) بزيادة معدلات الرى بالغمر (عن Scherm & Bruggen وآخرين ١٩٩٥).

وقد أدى اتباع طريقة الرى تحت السطحى — مع ما يتطلبه ذلك من تقليل حراثة الأرض إلى حدها الأدنى — إلى خفض إصابة الخس بالفطر *Sclerotinia minor* مسبب مرض سقوط الخس lettuce drop، وكذلك خفض إصابته بمرض الجذر الفلينى مقارنة بالوضع عند ريه سطحيًّا من خلال قنوات الخطوط (Bell وآخرون ١٩٨٨).

وبينما لا يفيد الرى تحت السطحى للبطاطس فى التخلص من الإصابة بالفطر

Sclerotium rolfsii مسبب مرض عفن الساق — على الدوام، فإنه يعد أفضل من الرى بالرش الذى يساعد على زيادة معدل الإصابة بالفطر (Browne وآخرين ٢٠٠٢).

دور الرطوبة النسبية والرى بالرش

تنتشر عديد من المسببات المرضية عن طريق الرى بالرش؛ إما من خلال انتشار المسبب المرضى من على الأجزاء النباتية المصابة، وإما من خلال انتقاله مع التربة التى تتناثر بفعل مياه الرى، ومن هذه الأمراض ما يلى:

١- الجرب، والأنثراكنوز، والعفن الأسود فى القاوون (الكنتالوب).

٢- تبقع الأوراق الزاوى (*Pseudomonas lachrymans*) فى الخيار.

٣- اللفحة الهالية (*Pseudomonas phaseolicola*) واللفحة البكتيرية (*Xanthomonas phaseoli*)، والعفن الرمادى (*Botrytis cinerea*) فى الفاصوليا.

٤- اللفحة البكتيرية فى الفراولة.

٥- الأنثراكنوز (*Colletotrichum phomoides*)؛ واللفحة البكتيرية (*Xanthomonas vesicatoria*)، والنقط البكتيرية bacterial speck، وتبقع الأوراق الرمادى (*Stemphyllium botryosum* f. sp. *lycopersici*) فى الطماطم.

٦- الندوة المتأخرة (*Phytophthora infestans*) فى البطاطس.

٧- الندوة المبكرة، والعفن الأسود (*Xanthomonas campestris*)، وتدرن الجذور (*Plasmodiophora brassicae*) فى الصليبيات.

وعمومًا .. يزداد معدل الإصابة بأمراض النموات الخضرية — عادة — عند الرى بالرش؛ وذلك بسبب زيادة طول فترة ابتلال النباتات، وزيادة الرطوبة النسبية فى محيط النموات الخضرية، وزيادة معدل انتشار جراثيم الفطر برذاذ ماء الرش. ويتوقف مدى تأثير الرى على توقيته؛ فمثلاً .. يقل أثر الرى بالرش على الرطوبة النسبية فى محيط النباتات والإصابة بالندوة المتأخرة فى البطاطس عند إجراء الرى بعد الظهر أو فى المساء عما لو أجرى الرى صباحًا، وربما كان ذلك بسبب أن الجراثيم الاسبورانجية للفطر تنتج فى الصباح وتموت بفعل الحرارة العالية بعد الظهر.

كما أوضحت دراسات Scherm & Bruggen (١٩٩٥) زيادة معدلات إصابة الخس بمرض البياض الزغبى — الذى يسببه الفطر *Bremia lactucae* — فى حالة الرى بطريقة الرش عما فى حالة الرى تحت السطحى بالتنقيط، كذلك ازدادت عند الرى بالرش — مقارنة بالرى تحت السطحى بالتنقيط — فترة بقاء النباتات مبتلة، والرطوبة النسبية عالية فى محيط النباتات.

ويتفاعل تواجد الندى والرطوبة النسبية العالية مع الرى بالرش فى التأثير على تطور الإصابة بمختلف الأمراض، ويظهر هذا التفاعل بالنسبة لمرضتى الندوة المبكرة والندوة المتأخرة — فى الطماطم — فى جدول (٢–٨).

جدول (٢–٨): تأثير كل من الندى والرى بالرش على الإصابة بكل من الندوة المبكرة (*Alternaria solani*) والندوة المتأخرة (*Phytophthora infestans*) فى الطماطم والبطاطس (عن Palti ١٩٨١).

الظروف البيئية	تطور الندوة المبكرة	تطور الندوة المتأخرة
جفاف تام مع غياب الندى	محدود عند الرى بالرش	لا تحدث إصابة
الحد الأدنى للرطوبة النسبية لا يزيد على ٣٥٪ – كثرة الندى ليلاً – انعدام الأمطار	يكفى الندى لحدوث الإصابة وتطور الوباء – ليس للرى بالرش أى تأثير	يلزم الرى بالرش لحدوث الإصابة وتطور الوباء
الحد الأدنى للرطوبة النسبية أعلى من ٦٠٪ – كثرة الندى ليلاً – انعدام المطر	يكفى الندى لحدوث الإصابة وتطور الوباء. ليس للرى بالرش أى تأثير	قد يكفى الندى لحدوث الإصابة، ولكن الرى بالرش يُسرع كثيرًا من حدوثها
الرطوبة النسبية دائمًا عالية – الندى غزير – انعدام المطر	يكفى الندى لحدوث الإصابة وتطور الوباء، ليس للرى بالرش أى تأثير	قد يكفى الندى وحده لحدوث الإصابة، ليست للرى بالرش أية أهمية.

هذا .. وقد وجد أن شدة إصابة البروكولى بالعفن الطرى البكتيرى — الذى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* — تنخفض بإطالة الفترة بين الريات فى حالة الرى بالرش (Ludy وآخرون ١٩٩٧).

ويفيد استخدام سواتر بلاستيكية (Plastic Rain Shelters)، لحماية النباتات من الأمطار التى تعمل على انتشار الأمراض البكتيرية، فى المناطق والمواسم التى تشتد فيها

الأمطار؛ فمثلاً .. كان استخدام هذه السواتر أنجح وسيلة لحماية الطماطم من الإصابة بمرض البقع البكتيرية الذى تسببه البكتيريا (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* فى كولومبيا (Isshiki ١٩٩٤).

الأسمدة والتسميد

عرف تأثير مختلف العناصر الغذائية على شدة الإصابة ببعض الأمراض والحشرات، كما يتبين من المناقشة التالية:

الأسمدة الآزوتية

يؤدى استعمال مستويات عالية من الأسمدة الآزوتية إلى زيادة شدة الإصابة بالأمراض، كما أن لمصدر الآزوت أهمية مماثلة لكميته.

والاتجاه العام هو أن النيتروجين الأمونيومى يؤدى إلى زيادة شدة الإصابة بالأمراض عن النيتروجين النتراتى. مع وجود شواذ لهذه القاعدة.

ونجد أن فطريات الذبول الفيوزارى — وهى طفيليات تعيش فى نسيج الخشب، ويمكنها استعمال الآزوت النتراتى — نجد بالرغم من ذلك أن الإصابة بها تنخفض عند زيادة معدلات التسميد النتراتى.

ويحدث تأثير مماثل — كذلك — بالنسبة للأمراض التى تصيب النموات الخضرية؛ فتزيد شدة الإصابة بالأصداء والبياض الدقيقى بزيادة التسميد النتراتى؛ وتنخفض بزيادة التسميد النشادرى (عن Dixon ١٩٨١).

ويبين جدول (٢-٩) أمثلة خاصة بتأثير الأسمدة الآزوتية — بنوعيها الآزوتى والنشادرى — على شدة الإصابة بالأمراض فى محاصيل الخضر.

ومن الأمثلة الأخرى عن تأثير التسميد الآزوتى على الإصابة بالأمراض ما يلى:

فى البطاطس .. تكون الدرنات ذات المحتوى المرتفع من النيتروجين النتراتى أكثر قابلية للإصابة ببكتيريا العفن الطرى *Erwinia carotovora*، و *E. chrysanthemi*؛ ولذا .. فإن تخفيض معدلات التسميد الآزوتى يقلل الإصابة بالمرض فى المخازن، إلا أنه يقلل المحصول كذلك (Smid & Gorris ١٩٩٤).

وفى البروكولى .. تزداد الإصابة بأعفان الرؤوس — التى تسببها عدة أنواع من الجنسين *Pseudomonas*، و *Erwinia* — بزيادة معدلات التسميد الآزوتى من صفر إلى ١٩٦ كجم نيتروجينًا للهكتار (Everaarts ١٩٩٤).

ومن المعلوم — كذلك — أن التسميد الآزوتى الجيد يجعل البادرات — والنباتات عمومًا — أكثر جاذبية للإصابات الحشرية. وكمثال على ذلك .. أوضحت عديد من الدراسات أن الإصابة بخنفساء كلورادو *Leptinotarsa decemlineata* تزداد فى الطماطم مع زيادة التسميد الآزوتى. وقد وجد Hunt وآخرون (١٩٩٤) زيادة تفضيل الحشرة التغذية على بادرات الطماطم فى المشاتل مع زيادة تركيز النيتروجين بأوراق النباتات، ولكن لم يكن لتركيز الفوسفور أو البوتاسيوم أية تأثيرات.

جدول (٢–٩): تأثير نوعية السماد الآزوتى (نتراتى أم أمونيومى) على شدة الإصابة بالأمراض فى محاصيل الخضر (عن Palti ١٩٨١).

المحصول	المرض	المسبب	شدة الإصابة عند التسميد بآزوت	
			نتراتى	نشادرى
الفاصوليا	عفن الجذور	*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*	تنخفض	تزداد
	الذبول	*F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*	تنخفض	تزداد
الفول الرومى	التبقع البنى	*Botrytis fabae*	تنخفض	تزداد
البسلة	عفن الجذور	*Aphanomyces euteiches*	تنخفض	تزداد
	عفن الجذور	*Pythium* spp.	تزداد	تنخفض
عدة خضر	العفن الفحمى	*Macrophomina phaseolina*	تنخفض	تزداد
البطاطس	العفن الرايزكتونى	*Rhizoctonia solani*	تنخفض	تزداد
	الذبول	*Verticillium albo-atrum*	تزاد	تنخفض
	الجرب	*Streptomyces scabies*	تزداد	تنخفض
الطماطم	الذبول	*V.albo-atrum & V. dahliae*	تزداد	تنخفض
	الذبول	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	تنخفض	تزداد
	عفن الثمار والجذور	*Colletorichum phomoides*	تزداد	تنخفض
	الذبول البكتيرى	*Ralstonia solanacearum*	تزداد	تنخفض

الأسمدة البوتاسية

من المعروف أن التسميد البوتاسى يسهم فى خفض معدلات الإصابة بالأمراض. ومن أهم الأمراض التى تنخفض شدة الإصابة بها مع زيادة معدلات التسميد البوتاسى ما يلى (عن Palti ١٩٨١).

المحصول	المرض	المسبب المرضى
القاوون (الكنتالوب)	الذبول	*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*
الطماطم	الندوة المبكرة	*Alternaria solani*
الكرنب	الاصفرار	*F. oxysporum* f. sp. *conglutinans*
القنبيط	البياض الزغبى	*Peronospora parasitica*
البسلة	عفن الجذور	*Aphanomyces euteiches*
الكاسافا	الذبول البكتيرى	*Xanthomonas manihotis*
فاصوليا الليما	اللفحة البكتيرية	*Pseudomonas syringae*

ويُعتقد أن الإصابة بأمراض الذبول تنخفض بزيادة معدلات التسميد البوتاسى؛ كما هى الحال بالنسبة لمرض الذبول الفيوزارى فى الطماطم، إلا أنه لم يكن للتسميد البوتاسى أية تأثيرات على كل من: ذبول فيرتسيليم (المتسبب عن الفطر *Verticillium albo-atrum*)، والذبول البكتيرى (المتسبب عن البكتيريا *Ralstonia solanacearum*)، والتسوس البكتيرى (*Clavibacter michiganensis* f. sp. *michiganesis*) فى الطماطم (عن Dixon ١٩٨١).

كذلك أوضحت دراسات Elad وآخرين (١٩٩٣) أن زيادة معدلات التسميد البوتاسى أدت إلى خفض شدة الإصابة بكل من الأمراض التالية:

المحصول	المرض	المسبب المرضى
الخيار	العفن الرمادى	*Botrytis cinerea*
الخيار	البياض الزغبى	*Pseudomonas cubensis*
الفلفل	العفن الرمادى	*B. cinerea*

ولكن لم يكن التسميد البوتاسى مؤثرًا على إصابة الخيار بمرض البياض الدقيقى (*Sphaerotheca fuliginea*)، أو على إصابة الباذنجان بمرض العفن الرمادى.

كما انخفضت حدة إصابة الطماطم فى المزارع اللاأرضية (تقنية الغشاء المغذى، ومزارع الصوف الصخرى) بمرض عفن الساق البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* بزيادة نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين فى المحلول المغذى من ٣٠٠:٣٠٠ إلى ٤٨٠ : ١٢٠ (Dhanvantari & Papadopoulos ١٩٩٥).

الأسمدة الفوسفاتية

من المعروف أن زيادة التسميد الفوسفاتى تؤدى إلى انخفاض معدلات الإصابة بأعفان الجذور.

وقد أوضحت دراسات Davis وآخرين (١٩٩٤) أن إصابة البطاطس بفطر *Verticillium dahliae* المسبب لمرض ذبول فيرتسيليم تنخفض، ويزداد محصول البطاطس بزيادة معدلات التسميد الفوسفاتى إلى ٢٤٠ كجم فوسفورًا للهكتار (١٠٠ جم للفدان). وكان أعلى محصول من الدرنات عندما كان التسميد بمعدل ٣٠٠ كجم نيتروجينًا مع ٢٤٠ كجم فوسفورًا للهكتار (٢٣٨ كجم نيتروجين، و ١٠٠ كجم فوسفور للفدان).

وفى البصل .. تساعد زيادة معدلات التسميد بسوبر فوسفات الكالسيوم والأسمدة البوتاسية، والاعتدال فى التسميد الآزوتى فى مكافحة اللطعة الأرجوانية (Maude ١٩٠٠).

التسميد بالكالسيوم

يُعرف أكثر من ٣٠ عيبًا فسيولوجيًّا فى محاصيل الخضر والفاكهة ترجع إلى نقص عنصر الكالسيوم، ولكن ما يهمنا فى هذا المقام هو أن الكالسيوم يزيد — كذلك — من مقاومة الأنسجة النباتية لعديد من الأمراض الحقلية؛ مثل ذبول فيرتسيليم فى الطماطم، والأمراض التى تصيب النباتات بعد الحصاد؛ مثل الإصابات السطحية لدرنات البطاطس بالبكتيريا *Erwinia carotovora* pv. atroseptica (عن Conway وآخرين ١٩٩٤).

دور مبيدات الحشائش

ما يهمنا فى هذا المقام هو الدور المباشر الذى تلعبه مبيدات الحشائش فى التأثير على مسببات الأمراض، وخاصة تلك التى تعيش مترممة فى التربة، وليس دورها غير المباشر

من خلال مكافحتها للحشائش التى تأوى الآفات ومسببات الأمراض. هذا .. إلا أن التأثير المباشر لمبيدات الحشائش لا يكون — دائمًا إيجابيًّا — بالنسبة لمكافحة مسببات الأمراض؛ كما يتبين من جدول (٢–١٠).

جدول (٢–١٠): أمثلة لبعض حالات التفاعلات بين مبيدات الحشائش ومسببات الأمراض التى تعيش فى التربة (عن Palti ١٩٨١).

تأثير مبيد الحشائش	المحصول والمرض	المسبب المرضى	المبيد المستعمل
تأثير مباشر على المسبب المرضى			
تحفيز النمو	أعفان الساق فى محاصيل متنوعة	*Sclerotium rolfsii*	أترازين — ترفلورالين
	ذبول القطن	*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*	أترازين — برومترين
تثبيط النمو	عفن الرقبة فى محاصيل متنوعة	*Phytophthora cactorum*	2,4-D
	جرب البطاطس	*Streptomyces scabies*	2,4-D ester
التأثير على قابلية العائل للإصابة			
زيادة القابلية للإصابة	تساقط البادرات فى القطن	*Rhizoctonia solani*	ترافلورالين
	ذبول الطماطم	*F. oxysporum* f. sp. lycopersici	الماليك هيدرازيد
نقص القابلية للإصابة	ذبول الطماطم	*F. o.* f. sp. *lycopersici*	بروفام — T.C.A.
التأثير على العلاقة بين المسبب المرضى والكائنات الدقيقة فى التربة			
تثبيط المسبب المرضى بزيادة نشاط الكائنات الدقيقة فى التربة		*Sclerotium rolfsii*	السيمازين
		Fusarium spp.	لنورون — دايرون
تثبيط نشاط الكائنات الدقيقة مع زيادة نشاط المسبب المرضى	تساقط البادرات فى القطن والفلفل	*Rhizoctonia solani*	ترفلورالين — داى فيناميد

دور مضادات النتح

تُعامل محاصيل الخضر بمضادات النتح Antranspirants بهدف زيادة قدرتها على تحمل الشتل، ونقص الرطوبة الأرضية، كما أنها تفيد فى حماية النباتات من بعض الإصابات المرضية.

فمثلاً .. يستعمل فى الصين — على نطاق واسع — مضاد النتح GMZ الذى أثبت

فاعلية فائقة فى الحماية من الإصابات بعديد من الأمراض فى محاصيل الخضر؛ كما يلى:

المحصول	المرض	المسبب المرضى
الطماطم	الندوة المبكرة	*Alternaria solani*
	تبقع الأوراق السبتورى	*Septoria lycopersici*
الخيار	البياض الزغبى	*Pseudoperonospora cubensis*
	البياض الدقيقى	*Sphaerotheca fuliginea*
البطيخ	الأنثراكنوز	*Colletotrichum lagenarium*
البنجر	تبقع الأوراق السركسبورى	*Cercopora beticola*
الأسبرجس	لفحة الساق	*Phoma asparagi*

وكان تأثير مضاد النتح — فى بعض الدراسات — مماثلاً لتأثير المبيدات التى رشت بها النباتات للمقارنة.

كذلك أثبت مضاد النتح GMZ فاعلية ضد الإصابة بالأكاروس، وبعض الحشرات مثل التربس فى الموالح والخوخ (عن Han ١٩٩٠).

المكافحة الميكانيكية للحشرات

أمكن مكافحة عديد من الحشرات الصغيرة فى حقول الفراولة بواسطة شفطها بجهاز يسير ويدار ذاتيًا 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 يدفع 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).