الفصل الثانى عشر

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 سنويا بين الزراعات ، أو اتباع دورة زراعية ؛ فيكون التعقيم بذلك على فترات أطول نسبيا .

كما يلزم - أيضا - 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 : القصارى التى يعاد استخدامها ، والصناديق الخشبية والمعدنية ، وطاولات الإنتاج السريع للشتلات - 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 . ويمكن - لمن يرغب فى التعمق فى تفاصيل طرق التعقيم بالحرارة والمبيدات - مراجعة Lawrence (١٩٥٦) ، و Barker (١٩٥٧) ، و Fletcher (١٩٨٤) ، و Nelson (١٩٨٥) .

تعقيم (بسترة) التربة بالإشعاع الشمسى

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

طريقة إجراء التعقيم بالإشعاع الشمسى

مجمل الطريقة ومتطلبات نجاحها

يحرث الحقل المراد تعقيمه جيدا حتى عمق ٣٠ - ٣٥ سم ، ثم يروى جيدا 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 ميكرونا ، وتشد جيدا 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 فعالية الشرائح السمكية .

وقد تُتْرَك مسافات بين شرائح البلاستيك للمرور عليها ، وتلك المسافات تكون غير معقمة ، وتشكل مصدرا 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 كثيرا ؛ حيث تتواجد هذه الكائنات .

اختيار البلاستيك المناسب للتعقيم

يفضل لتعقيم التربة استعمال بلاستيك بسمك ٢٥ ميكرونا ؛ لأنه يكون أرخص

وأكثر كفاءة . لكن نظرا لكثرة تعرضه للتمزق من أقل ضغط عليه . . يفضل بلاستيك بسمك ٤٠ - ٨٠ ميكرونا ، مع الحرص على رتق أية تمزقات باستعمال شريط لاصق شفاف . ولا يفضل استعمال بلاستيك يزيد سُمكه على ٨٠ ميكرونا ؛ لأنه يعكس قدرا 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 .

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 تماما .

طريقة التغطية بالبلاستيك

يمكن إجراء التعقيم إما فى شرائط (لا يقل عرضها عن ٦٠ - ٩٠سم) 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 مصدرا لإعادة تلوث الجزء المعقم .

وعند تغطية كل الحقل بالبلاستيك يتعين الترديم جيدا بالتربة حول حواف الشرائح البلاستيكية المتجاورة ، أو لصقها معا 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 ، فضلا على 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 وقتٍ ممكنٍ بعد ذلك . أما فى الأراضى الرملية التى تُروى بالتنقيط ، فإن شبكة الرى يجب أن تبقى تحت البلاستيك مع الرى مرة واحدة أو مرتين أسبوعيا خلال فترة التعقيم ؛ وذلك للمحافظة على مستوى مرتفع من الرطوبة بالتربة خلال التعقيم .

فترة التغطية المناسبة

كلما طالت فترة التغطية بالبلاستيك ازدادت كفاءة عملية التعقيم ؛ حيث يزداد الارتفاع فى حرارة التربة ويكون لعمقٍ أكبر . وغالبا 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 – بصورةٍ صحيحةٍ – خلال شهور الصيف الحارة ، فإن درجة الحرارة ترتفع تحت الغطاء البلاستيكى إلى ما بين ٦٠°م على عمق ٥ سم و٣٩° م عند عمق ٤٥سم .

ويكون هذا الارتفاع فى حرارة التربة سببا رئيسيا فى القضاء على عديدٍ 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 .

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 فيرتسيلليم
Fusarium oxysporum	الطماطم - القاون - 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 الجذر وتساقط البادرات
Thielaviopsis basicola	القطن	عفن البذور والجذور
Pythium ultimun	القطن	الذبول الطرى
Pythium myrothecium	الفول السودانى	عفن القرون
Plasmodiophora brassicae	الكرنب	الجذر الصولجانى
Didymella lycopersici	الطماطم	لفحة اسكوكيتا

ومن مسببات الأمراض الأخرى - التى كوفحت عن طريق تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى - ما يلى :

١ - الفطريات Fusarium solani ، و F. oxysporum ، و Pythium spp. ، و Rhizoctonia soloni فى الطماطم (الأسعد وأبو غربية ١٩٨٦) .

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

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

٤ - الفطر Penicillium pinophilum الذى يحدث تقزما لنباتات الطماطم (Gamliel & Katan ١٩٩١) .

٥ - الفطران 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 الشمسى أكثر كفاءة من 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 ٦٠م وحرارة التربة إلى ٤٥م - ٥٥م ، ونقص معدل الإصابة بالمرض - عند زراعة الخس بعد انتهاء فترة التعقيم - بمقدار ٥٠٪ - ٦٧٪ (Fiume ١٩٩٤) .

٩ - الفطران Fusarium oxysporum f. sp. rdicis-lycopersici ، و Phytoph-thora parastica var. parasitica ، والبكتيريا Pseudomonas solanacearum فى الطماطم . وقد كان النقص جوهريا فى كثافة الفطر الأول حتى عمق ٥سم فقط ، بينما كان النقص جوهريا فى كثافة الفطر الثانى وبكتيريا الذبول حتى عمق ٢٥ سم ، و١٥ سم 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 مزيدا من النقص فى كثافة P. solanacearum (Chellemi وآخرون ١٩٩٤) .

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

ثانيا النيماتودا

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 فعلية فى مكافحة النيماتودا بالنسبة للمحاصيل ذات الجذور السطحية .

وتبعا لدراسات Chellemi وآخرين (١٩٩٤) فإن أعلى درجة حرارة أحدثها التعقيم بالإشعاع الشمسى (فى شمال ولاية فلوريدا الأمريكية) بلغت ٤٩,٥م على عمق ٥ سم ، و٤٦م على عمق ١٥ سم ، و٤٠,٥م على عمق ٢٥سم ، وكان ذلك مصاحبا بانخفاض فى أعداد أنواع النيماتودا . Paratrichodorus minor ، و Roty-lenchulus reniformis ، و Circonemella spp. على صنفين من الطماطم بعد ٨٥ يوما من الشتل . وقد تساوت فاعلية التعقيم بالإشعاع الشمسى - فى هذا الشأن - مع فاعلية التعقيم بمخلوطٍ من بروميد الميثايل والكلوروبكرن ، بنسبة ٦٧ : ٣٣ ، وبمعدل ٤٤٨ كجم للهكتار (١٨٧ كجم / فدان) .

كما وجد Stevens وآخرون (١٩٨٨ ب ، و١٩٨٨ جـ) أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أحدث انخفاضا فى أعداد نيماتودا تعقد الجذور Meloidogyne incognita بلغ ٩٢٪ فى إحدى الدراسات .

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

كذلك أوضحت دراسات Abdel-Rahim وآخرين (١٩٨٨) أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أدى إلى مكافحة النيماتودا R. reniformis لمدة ٦٠ يوما بعد الزراعة .

ثالثا . النباتات الزهرية المتطفلة

وجد Jacobson وآخرون (١٩٨٠) أن تغطية التربة فى حقلٍ موبوءٍ - بشدة - بالهالوك المصرى Orobanche aegyptiaca لمدة ٣٦ يوما قبل الزراعة خلال الموسم الحار فى أغسطس وسبتمبر أدت إلى مكافحة الهالوك بصورة جيدة ؛ حيث تم محصول الجزر بصورةٍ طبيعيةٍ فى الحقل المعامل ، بينما تقزمت نباتات الجزر ، وأصيبت - بشدة - بالهالوك فى الحقل غير المعامل وقد وُجِدَ أن الغطاء البلاستيكى - الذى كان من

النوع الأسود - أدى إلى رفع درجة حرارة التربة فى الخمسة سنتيمترات العلوية بمقدار ٨م - ١٢م ؛ أى حتى ٥٦م .

رابعا : الأكاروس والحشرات

يؤدى التعقيم بالإشعاع الشمسى إلى القضاء على الأكاروس (العنكبوت الأحمر) الذى يوجد فى التربة ، بينما لا يؤثر - أو لم يُعرف أنه يؤثر - على أعداد الحشرات التى تجد فى التربة مأوى لها . ولكن التعقيم بالإشعاع الشمسى يُحدث - مع التبخير ببروميد الميثايل - خفضا كبيرا فى أعداد عدة مجموعات من الأكاروس والحشرات الدقيقة (Ghini وآخرون ١٩٩٣) .

تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على الحشائش

يقضى التعقيم بالإشعاع الشمسى على عديد من الحشائش الحولية والمعمرة . ويمكن تلخيص أهم النتائج التى حُصِلَ عليها - فى هذا الشأن - فيما يلى (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤) .

الاسم العربى	الاسم الانجليزى	الاسم العلمى
أولا : حشائش كُوفِحَتْ بشكل جيد		
	Annual blugrass	Poa annua
دِبِية	Barnyardgrass	Echinochloa crus-galli
عرق الليمون	Bermuda buttercup	Oxalis pes-caprae
عِنب الديب	Black nightshade	Solanum nigrum
خبيزة	Cheeseweed	Malva parviflora
شُبَيْط	Cocklbur	Xanthium spinosum
قزآزة	Common chickweed	Stellatia media
مُرّار	Common groundsel	Senecio vulgaris
الهالوك	Egyptian broomrape	Orobanche negyptaca
عُلّيق (من البذرة)	Field bindweed	Convulvulus arvensis
	Hairy nightshade	Solanum sarachoides
طاقية الغراب أو فم السمكة	Henbit	Lamium amplexicaule
الداتورة	Jimsonweed	Datura stramonium
ركبة الجمل أو فساء الكلب	Lambsquarters	Chenopodium album

الاسم العربى	الاسم الانجليزى	الاسم العلمى
	Miners lettuce	Montia perfoliata
لسان الطير	Nettleleaf goosefoot	Chenopodium murale
خس البقر	Prickly lettuce	Lactuca serriola
	Prickly sida	Sida spinosa
	Redmaids	Calandrinia ciliata
	Redrot pigweed	Anagallis retroflexus
	Scarlet pimpernel	Angallis sp.
كيس الراعى	Shepherdspurse	Capsella bursa- pastoris
	Velvetleaf	Abutilon theophrasti
	Woodsorrel	Oxalis stricta
	ثانيا: حشائش قلت أعدادها ولكنها لم تكافح بصورة كاملة	
نجيل	Goosegrass	Eleusine indica
دفيرة	Large crabgrass	Digitaria sanguinalis
حشيشة الحُب	Lovegrass	Eragrostis sp.
الرجله	Purslane	Portulaca oleracea
رُمَيْر	Wilt oat	Avena fatua
	ثالثا : حشائش كوفحت ولكنها نمت سريعا مرة أخرى :	
النجيل	Bermudagrass	Cynodon dactylon
عليق (نمو قائم)	Field bindweed	Convolvulus arvensis
حشيشة جونسون	Johnsongrass	Sorghum halepense
حب العزيز - السَّعد	Yellow untsedge	Cyperus esculentus
	رابعا: حشائش كانت مقاومة لعملية التعقيم بالإشعاع الشمسى	
حندقوق	White sweetclover	Melilotus alba

تأثير التعقيم على نشاط وأعداد الكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة

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 ٥٠م على عمق ٥سم ، وإلى ٤٤م على عمق ٢٠ سم ، وأن تلك الحرارة كانت أعلى بمقدار ٨م - ١٢م 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 أيضا نوعا من المقاومة الحيوية ؛ إذ إن الفطريات التى وضعت - تجريبيا - على عمقٍ كبيرٍ فى التربة قد قُضى عليها أيضا ، 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 تغيرٍ فى التوازن بين الكائنات الدقيقة فى التربة لصالح الكائنات غير المرضية المنافسة .

فمثلا .. تزداد أعداد بعض الكائنات المفيدة ؛ مثل Trichoderma spp. ، والأكيتنوميسيتات Actinomycetes (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤) .

كذلك وجدت زيادة معنوية فى النمو الخضرى والجذرى ، ومحصول البطاطا عند تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى حتى فى غياب مسببات الأمراض الرئيسية ، وتبين ارتباط تلك الزيادة بأعداد الكائنات الدقيقة التى وجدت فى الوسط المحيط بالجذور (الرايزوسفير Rhizosphere) ؛ حيث لوحظت زيادة فى أعداد البكتيريا من الجنس Pseudomonas ، وبعض الفطريات فى رايزوسفير البطاطا فى معاملة التعقيم (Stevens وآخرون ١٩٨٨ ب ، و١٩٨٨ جـ) .

وقد وجد Stevens وآخرون (١٩٩٠) أن معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى أدت إلى زيادة أعداد البكتيريا والفطريات المقاومة للحرارة فى رايزوسفير نباتات الكولارد النامية فى الأرض المعاملة ؛ مقارنة بالأرض غير المعاملة .

كما وجد Gamliel & Katan (١٩٩١) أن تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى أنقص أعداد البكتيريا والفطريات فى التربة حتى عمق ٩٠سم ، بينما كانت الأكتينوميسيتات Actinomycetes أقل تأثرا . كذلك انخفضت أعداد البكتيريا والفطريات التى تتحمل الحرارة بالمعاملة .

وبالمقارنة . . فقد ازدادت أعداد الـ Pseudomonads الفلورية fluoresent إلى نحو ١٣٠ ضعفا فى محيط جذور النباتات فى الأراضى المعقمة بالإشعاع الشمسى ، بالرغم من حساسية هذه البكتيريا للحرارة .

وأنْقَصَ التعقيم بالإشعاع الشمسى - بشدةٍ - أعداد الفطريات الكلية فى 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. fluorescens ، 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 (١٩٩٢ أ) 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 كمياتٍ أقل من السكريات وكمياتٍ أكبر من الأحماض الأمينية والمركبات الأمينية - التى كانت غير مناسبةٍ لنمو الفطريات والبكتيريا فى البيئات الصناعية - مقارنة بإفرازات البذور وجذور النباتات النامية فى تربةٍ غير معقمةٍ بالإشعاع الشمسى . واستنتج الباحثان من دراستهما أن التعقيم بالإشعاع الشمسى يمكّن تلك الـ Pseudomonads الفلورية من المنافسة على إفرازات البذور والجذور .

كما وجد الباحثان (Galiel & Katan ١٩٩٢ ب) أن النوعين البكتيريين Pseudomonas putida ، و P. fluorescens أظهرا انجذابا كيميائيا - فى أنبوبةٍ شعريةٍ - نحو

إفرازات البذور المزروعة فى تربةٍ معقمةٍ بالإشعاع الشمسى بدرجةٍ أكبر من انجذابها نحو إفرازات البذور المزروعة فى تربةٍ غيرة معقمةٍ بهذه الطريقة . كذلك أظهرت هذه البكتيريا - فى حركتها - انجذابا نحو مخلوطٍ من الأحماض الأمينية أو من الأحماض الأمينية مع السكريات . وقد استُنتِجَ من ذلك أن تلك الخاصية للـ Pseudomonads الفلورية تسهم فى توطيدها فى التربة المحيطة بجذور النباتات فى الحقول المعقمة بالإشعاع الشمسى .

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 ، والمغيسيوم (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤) .

٢ - يحدث انخفاض فى ملوحة التربة (Abdel-Rahim وآخرون ١٩٨٨) ؛ بسبب تعريض التربة لرطوبةٍ عاليةٍ لفترةٍ 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 سريعا 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 - جزئيا - أعداد بعض الكائنات الدقيقة المفيدة أثناء التعقيم ؛ مثل بعض أنواع البكتيريا من جنسى Bacillus ، و Pseudomonas ، ولكنها تسترجع أعدادها الطبيعية سريعا بعد ذلك (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤) ، وتتفوق على غيرها ، وتزداد أعدادها بدرجة كبيرة (Gamliel & Stapleton ١٩٩٣) .

تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على المحصول وعلاقة ذلك بالتغيرات التى يحدثها التعقيم فى التربة

أوضحت عديد من الدراسات أن عملية التعقيم بالإشعاع الشمسى تصاحبها - عادة - زيادة كبيرة فى النمو النباتى والمحصول حتى فى غياب مسببات الأمراض الهامة - أصلا - من التربة المعاملة ، وتكون هذه الزيادة أكبر - بطبيعة الحال - عندما يَقْضِى التعقيم بالإشعاع الشمسى على ما قد يكون موجودا فى التربة من مسببات الأمراض ، أو الآفات الهامة (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤) .

ففى تكساس .. درس Hartz وآخرون (١٩٨٥) تأثير تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى على محصولى الفلفل والقاوون عند زراعتهما - بالتوالى - بعد التعقيم . كان التعقيم لمدة شهرٍ واحدٍ هو شهر يوليو ، واستخدم بوليثلين شفاف بسمك ٤٠ ميكرونا . وبعد هذه الفترة أزيل الغطاء البلاستيكى من بعض القطع ، ورُش بطلاءٍ عاكسٍ 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 بطلاءٍ عاكسٍ 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 ميكرونا لمدة شهر واحد ، أو شهرين ، والتغطية ببلاستيك أسود بسمك ٤٥ ميكرونا لمدة شهرين ، مع التبخير ببروميد الميثايل بمعدل ٦٨ جم / م٢ ، وبدون معاملة للمقارنة ، وكانت النتائج كما يلى :

١ - بلغت درجة الحرارة العظمى على أعماق ١٠ ، و٢٠سم حوالى ٥٠م ، و٤٤م تحت البلاستيك الشفاف ، و٤٢م ، و٤٠م تحت البلاستيك الأسود ، مقارنة بنحو ٤٠م ، و٣٨م فى التربة غير المغطاة .

٢ - ظهرت فعالية عالية للتغطية - بالبلاستيك الشفاف لمدة شهرين - مساوية لمعاملة التبخير ببروميد الميثايل فى تخفيض أعداد كل من الفطريات : Fusarium oxysporum، 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 فعالية 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 جوهريا . 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 أظهرت 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 يوما إلى رفع درجة حرارة التربة إلى ٤٩م - على الأقل - لمدة ٤١ يوما من فترة التعقيم ، بارتفاع قدره ١٤م 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 ١٩٨٨) .

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 incogita بنسبة ٩٢٪ عند التعقيم بالإشعاع الشمسى (Stevens وآخرون ١٩٨٨ ب) .

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

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

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

٢ - مكافحة النيماتودا Rotylenchulus reniformis لمدة ٦٠ يوما بعد الزراعة .

٣ - تحسين النمو وزيادة المحصول بنسب تراوحت بين ٢٥٪ و٤٣٢٪ 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 - تأثير سيئ فى 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 (١٩٩٠ أ ، ١٩٩٠ ب) 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 ميكرونا 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 تأثيرٍ مماثلٍ عندما كانت التغطية بالبلاستيك لمدة أسبوعين فقط خلال شهر سبتمبر .

٣ - كذلك حُصل على نتائج مماثلة 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 يوما أحدث زيادة جوهرية فى نسبة إنبات البذور

والمحصول ، بنيما أحدث نقصا 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 يكن 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 الاباما - مع المعاملة بمبيد الحشائش داكثال Dacthal 75W فى حقول الكولارد ما يلى :

١ - أحدثت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى نقصا قدره ٩١٪ فى 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 رايزوسفير النباتات النامية فى الأرض المعقمة بالإشعاع مقارنة بغير المعاملة (Stevens وآخرون ١٩٩٠) .

وقد أوضحت دراسات Porter وآخرين (١٩٩١) أن الجمع فى تعقيم التربة بين استعمال الدازوميت (البارامید) بمعدل ١٠٠ كجم للهكتار (٦٢ كجم للفدان) والتعريض للإشعاع الشمسى أعطى مكافحة للفطر المسبب للجذر الصولجانى (Plasmodiophara 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 طنا للهكتار ، ولكن كانت أفضل النتائج حينما جُمِعَ 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 بصورةٍ 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 - بشكلٍ جيدٍ 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°م - ١٤°م .

ويستفاد من دراسات Gamliel & Stapleton (١٩٩٣) أن الجمع بين التسميد بزرق الدواجن مع التعقيم بالإشعاع الشمسى يزيد كثيرا 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 زيادةٍ كبيرةٍ 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 صوديوم الميتام 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 González-Torres وآخرون (١٩٩٣) تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهر أو شهرين مع التبخير بالميتام 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°م - ٤٨°م) على عمق ١٠سم ، وبنحو ٤°م - ٥°م (إلى ٤٠°م - ٤٢°م) على عمق ٢٠ - ٣٠ سم .

٢ - أحدث التعقيم بأى من الطريقتين نقصا فى أعداد الفطر فى الخمسة عشر سنتيمترا 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 شهرٍ واحدٍ ، وارتفعت فى التربة التى عقمت بالتبخير .

٤ - أدى التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهرين إلى مكافحة المرض بصورةٍ كاملةٍ وزيادة محصول البطيخ بمقدار خمسة أضعاف ، بينما أدى التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهرٍ واحدٍ إلى إبطاء تقدم المرض - فقط - مع زيادة محصول البطيخ إلى أكثر من الضعف ، فى الوقت الذى أدى فيه التبخير إلى وقف تطور المرض كثيرا وزيادة المحصول بمقدار ثلاثة أمثال نباتات معاملة الشاهد التى زرعت فى تربةٍ محقونةٍ بالفطر (كما فى معاملات التعقيم) ولكنها لم تعقم .

ويستدل من دراسات Chellemi وآخرين (١٩٩٤) فى ولاية فلوريدا الأمريكية على أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أدى إلى رفع حرارة التربة إلى ٤٩,٥م ، و٤٦,٠م ، و٤١,٥م عند عمق ٥ ، ١٥ ، و٢٥سم على التوالى ، مقارنة بحرارة ٤٣,٨م ، و٣٨,٩م ، ٣٦,٥م 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 - lycopersicci حتى عمق ٥سم ، والبكتيريا Pseudomonas solanacearum حتى عمق ١٥سم ، والفطر Phytophthora nicotianae var. parasitica حتى عمق ٢٥سم .

التعقيم بالبخار

يعد التعقيم بالبخار من أكثر الطرق استخداما 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 ٨٠م - ٨٥م . ويتم الحقن بالبخار من خلال أنابيب مثقبةٍ تثبت فى تربة البيوت المحمية على عمق