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 فتراتٍ 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 زراعةٍ 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 بلاستيكيةٍ شفافةٍ بسمك ٤٠ - ٨٠ ميكرونا ، وتشد جيدا لمنع تواجد أية جيوب هوائيةٍ تحتها ، ثم تترك لمدة ٤ - ٨ أسابيع . هذا . . مع العلم أن شرائح البوليثيلين الرقيقة هذه تكون قليلة التكلفة ، ولها نفس فعالية الشرائح السمكية .

وقد تُترَك مسافات بين شرائح البلاستيك للمرور عليها ، وتلك المسافات تكون غير معقمةٍ ، 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 - القاوون - البصل - الفراولة - القطن	الذبول الفيوزارى
Pyrenochaeta terrestris	البصل	الجذر الوردى
Pyrenochaeta lycopersici	الطماطم	الجذر الفلينى
Sclerotium rolfsii	الفول السودانى	اللفحة الجنوبية
Rhizoctonia solani	البطاطس - البصل - الفاصوليا - القطن	عفن الجذور 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 أسكوكيتا

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 نفقٍ بلاستيكى محكم الغلق ؛ أدى إلى رفع حرارة الهواء داخل النفق إلى ٦٠°م وحرارة التربة إلى ٤٥°م - ٥٥°م ، 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 بمخلوطٍ 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 دراسةٍ أخرى أن التعقيم بالإشعاع الشمسى لم يكن له أى تأثيرٍ 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 فاعلية 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 بمخلوط من بروميد الميثايل والكوروبكرن ، 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 حقل موبوء - بشدة - بالهالوك المصرى Orobanche aegyptiaca لمدة ٣٦ يوما قبل الزراعة خلال الموسم الحار فى أغسطس وسبتمبر أدت إلى مكافحة الهالوك بصورة جيدة ؛ حيث نما محصول الجزر بصورة طبيعية 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 عديدٍ 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
دنيبة	Barnyardgrass	Echinochloa crus-galli
عرق الليمون	Bermuda buttercup	Oxalis pes-caprae
عنب الديب	Black nightshade	Solanum nigrum
خبيزة	Cheeseweed	Malva parviflora
شُبَّيط	Cocklbur	Xanthium spinosum
قزآزة	Common chickweed	Stellatia media
مُرّار	Common groundsel	Senecio vulgaris
الهالوك	Egyptian broomrape	Orobanche aegyptiaca
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	الا، م 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
وُمَير	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 - السِّعد	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 .

وأَنْقَصَ 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 Pseudo-monas putida ، و P. fluorescens أظهرا انجذابا كيميائيا - فى أنبوبةٍ شعريةٍ - نحو

إفرازات البذور المزروعة فى تربة معقمة بالإشعاع الشمسى بدرجة أكبر من انجذابها نحو إفرازات البذور المزروعة فى تربة غيرة معقمة بهذه الطريقة . كذلك أظهرت هذه البكتيريا - فى حركتها - انجذابا نحو مخلوط 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 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 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 أ) .

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 تأثير 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 ألاباما - 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 (البازاميد) 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 ، و ٤٦,٠م ، 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

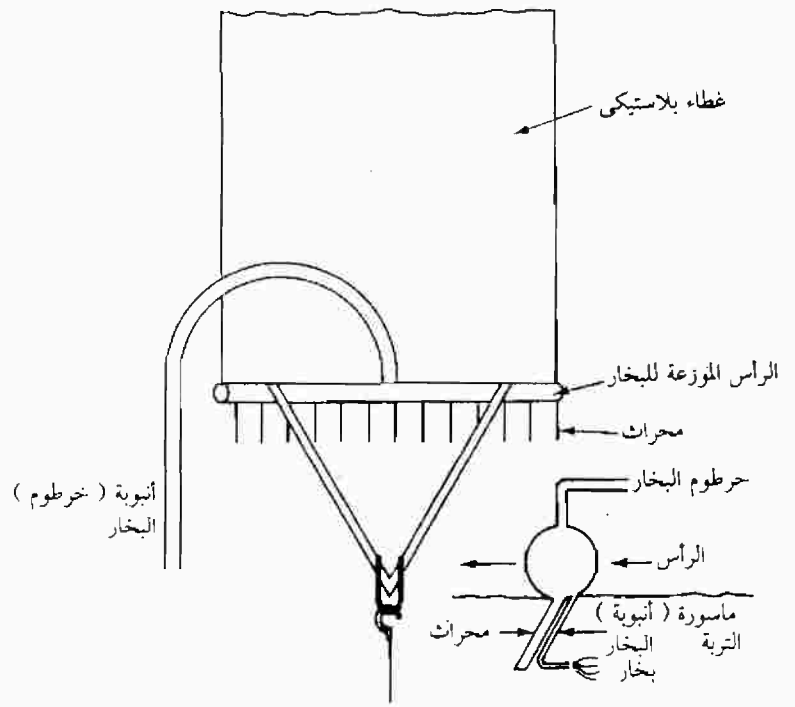
يعد التعقيم بالبخار من أكثر الطرق استخداما فى المناطق الباردة ، وخاصة فى البيوت المحمية (الصوبات) التى تتم التدفئة فيها بالبخار .

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

٣٠ سم ، 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 ٢٢سم ، وتثبت خلف حفارات صغيرة تتصل برأس موزعة للبخار ، ثم بمصدر البخار بواسطة خرطوم ، وتتم تغطية المساحة المعاملة أولا بأول للمحافظة على درجة الحرارة المرتفعة لمدة ٣٠ دقيقة (شكل ١٢ - ١) . وتعتبر هذه الطريقة أقل تكلفة من الطريقة السابقة .



شكل (١٢ - ١) : تعقيم تربة الحقل والبيوت المحمية بالبخار (عن Nelson ١٩٨٥) .

كما قد تعامل التربة بالبخار من خلال أنابيب مثقبة تمتد فوق سطح التربة ، وتغطى برقائق من البلاستيك المقاوم للحرارة مع تثبيت حواف الرقائق جيدا بواسطة التربة . ويؤدى ضخ البخار فى الأنابيب المثقبة إلى رفع البلاستيك ، وحينئذ 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) .

ويراعى - دائما - حرث التربة لعمق ٣٠سم قبل إجراء عملية التعقيم ، مع تكسير القلاقيل التى يزيد قطرها على ٥سم ، وألا تعامل بالبخار قبل جفافها ؛ حتى يتغلغل البخار خلالها بصورةٍ جيدةٍ (عرقاوى ١٩٨٤) .

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 ٢,٥سم رأسيا ومن الجانبين ؛ حتى يمكن أن يتخلل البخار بينها بسهولة .

وتؤدى هذه المعاملة إلى التخلص من معظم بذور الحشائش والكائنات المسببة للأمراض من فطرياتٍ ، وبكتيريا ، ونيماتودا ، وفيروساتٍ ، 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 أيضا إذا ارتفعت درجة حرارة 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 بأجهزةٍ خاصةٍ تقوم بخلط البخار بالهواء بدرجةٍ معينةٍ يمكن بواسطتها التحكم فى درجة حرارة مخلوط الغازين قبل دخولهما فى البيئة المراد تعقيمها . ويوضح جدول (١٢ - ١) درجات الحرارة اللازمة للقضاء على مختلف الآفات النباتية .

جدول (١٢ - 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 درجة حرارة مترٍ مكعبٍ واحدٍ من بيئة الزراعة درجة واحدة مئوية ، إلا أنه يجب مضاعفة كمية الحرارة ؛ نظرا لأن كفاءة عملية التعقيم بالبخار تكون - عادة - فى حدود ٥٠٪ . ويعطى كل رطل من البخار ٩٧٠ وحدة حرارية بريطانية عند تحوله من بخارٍ على درجة ٢١٢°ف إلى ماءٍ على نفس الدرجة ، كما يعطى وحدة حرارية بريطانية أخرى عند كل انخفاضٍ 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 ، معطيا بذلك ٣٢ وحدة حرارية بريطانية أخرى . ويعنى ذلك أن كل رطلٍ من البخار ينتج ١٠٠٢ وحدة حرارية بريطانية ، وبذلك يلزم نحو ٦ أرطال من البخار لتعقيم قدم مكعب من الخلطة 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 رطلا على البوصة المربعة (٧٠٠ - ١٠٠ كيلو باسكال kPa) . وهذا الضغط لا يؤدى إلى رفع درجة حرارة

البخار إلا بقدرٍ يسيرٍ لا يزيد كثيرا من مقدرته على خزن الحرارة ، ولكنه يفيد فى دفع البخار خلال البيئة . وبمجرد انطلاق البخار فى البيئة ، فإنه يصبح تحت ضغط منخفضٍ جدا ، 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 جافا ؛ لأن التربة الجافة تكون عازلة للحرارة . ويفيد ترطيب التربة فى إسراع عملية التعقيم ، لكن زيادة الرطوبة على حد معينٍ يبطىء مرة أخرى من عملية التعقيم ، نظرا 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 دائما 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 متجانسا .

٣ - لبذور بعض الحشائش المقدرة على مقاومة الحرارة ، ويلزم لمكافحتها رفع درجة الحرارة إلى ٩٥م - ١٠٠م . ولتجنب الحاجة إلى رفع درجة الحرارة كثيرا ، 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 بكثيرٍ .

٤ - تجب إضافة كل المكونات الأخرى لبيئة الزراعة قبل التعقيم ؛ نظرا لأنه لا يطرأ عليها أى تغيير ، حتى لو ارتفعت حرارة أى من هذه المكونات إلى ١٠٠م . ويستثنى من ذلك سماد الأزموكوت ؛ نظرا لأن التعقيم قد يُحدث تغيراتٍ بغطائه ؛

الأمر الذى يزيد من سرعة تيسر العناصر منه . وفى هذه الحالة يجب عدم تأخير استعمال بيئة الزراعة عن ٢٠ يوما بعد التعقيم ؛ حتى لا يزداد تركيز العناصر إلى درجةٍ ضارةٍ بالنباتات ، لكن التعقيم على درجة حرارة ٧١م (١٦٠ف) ليس له تأثير يذكر على سماد الأزموكوت .

٥ - يجب دائما توفير غطاءٍ بلاستيكى عند تعقيم مخاليط التربة أو الأرض بالبخار . وتستخدم لذلك شرائح البوليثيلين التى تستعمل لموسمٍ واحدٍ فقط ، لكن قد يعاد استخدامها عدة مراتٍ خلال نفس الموسم . وقد تستعمل أغطية الفينيل Vinyl التى يمكن استخدامها ٢٥ مرة ، أو أغطية النايلون المغطاة بالنيوبرين neoprene-coated nylon ، وهذه يمكن استخدامها مائة 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 كمياتٍ كبيرةٍ من المنجنيز الموجود فى التربة من حالةٍ مثبتةٍ إلى حالةٍ ميسرةٍ بدرجةٍ تجعله سما للنباتات ، لكن هذه المشكلة لا تكون كبيرة فى مخاليط الزراعة التى لا تحتوى على التربة .

٧ - قد يؤدى البخار إلى إنتاج نيتروجينٍ أمونيومى بكمياتٍ كبيرةٍ 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 نيتروجينٍ أمونيومى ، ويلى ذلك قيام البكتيريا المنتجة للنترات nitrifying bateria بتحويل النيتروجين الأمونيومى إلى نيتروجينٍ نتراتى . وتنمو معظم النباتات بصورة جيدة فى مخلوط من النيتروجين الأمونينى والنيتروجين النتراتى ، وتظهر بكثيرٍ من النباتات أعراض التسمم عند تغذيتها على النيتروجين الأمونيومى منفردا .

وعادة .. يتحول النيتروجين الأمونيومى بصفةٍ مستمرةٍ إلى نيتروجين نتراتى بواسطة البكتيريا المنتجة للنترات ، ولهذا فإنه يتواجد - دائما - مخلوط من صورتى الأزوت 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 قليلةٍ أخرى . وفى خلال هذه الفترة يزداد تركيز الأمونيا لدرجةٍ قد تحترق معها الجذور ، وتتقزم النباتات وتذبل ، لكن بمجرد تزايد أعداد البكتيريا المنتجة للنترات ، فإنها تقوم بتحويل الأمونيا المُنتجة إلى صورة نتراتية أقل سُمية للنباتات ، وتكون أكثر عرضة للغسيل من التربة مع الرى .

ولهذه الأسباب مجتمعة ، فإنه 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 فطر Pezzia ostracho-derma بأعدادٍ كبيرةٍ ؛ نظرا لغياب المنافسة من الكائنات الأخرى . وينتج هذا الفطر جراثيم تكون فى البدية بيضاء ، ثم تتحول إلى اللون الأصفر ، فالبنى . وينمو كذلك الفطر Pyronema sp. ، منتجا 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 & Rois-tacher ١٩٥٧ ، و Nelson ١٩٨٥) .

التعقيم بالمبيدات

يُراعى عند تعقيم التربة بالمبيدات - بصورةٍ عامةٍ - ألا تقل الحرارة عن ١٠م ، وألا تكون شديدة الارتفاع ؛ ذلك لأن المبيد لا يتبخر ، ولا ينتشر فى التربة بكفاءةٍ 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 تبعا لذلك .

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

وأفضل حرارة لإجراء عملية التعقيم بالمبيدات هى ١٥م - ٢٠م .

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 الأزوت من المواد العضوية المتوفرة بالتربة (عن Bravenboer ١٩٥٥) .

التعقيم بالفورمالدهيد

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 ماءٍ لكل بوشل (١٠ لترات تقريبا) من المخلوط . ويجب ألا تقل درجة حرارة المخلوط عن ١٣م ، 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 غطاءٍ بلاستيكى لمدة ٢٤ ساعة ، ثم تُكشف وترش بالماء عدة مراتٍ 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 / م٢ ، ثم تُغطى التربة المعاملة بالبلاستيك لمدة يوم أو يومين ، وبعد ذلك يرفع الغطاء ، وتترك مهواة لمدة ١٤ - ٢١ يوما 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 نباتاتٍ ناميةٍ ، 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 زراعيةٍ أساسها البيت موس ، وكذلك فطريات Phomopsis sclerotioides ، و Verticillium dahliae ، و Didymella bryoniae فى البيت .

التعقيم (أو التطهير) بهيبوكلوريت الصوديوم أو الكالسيوم

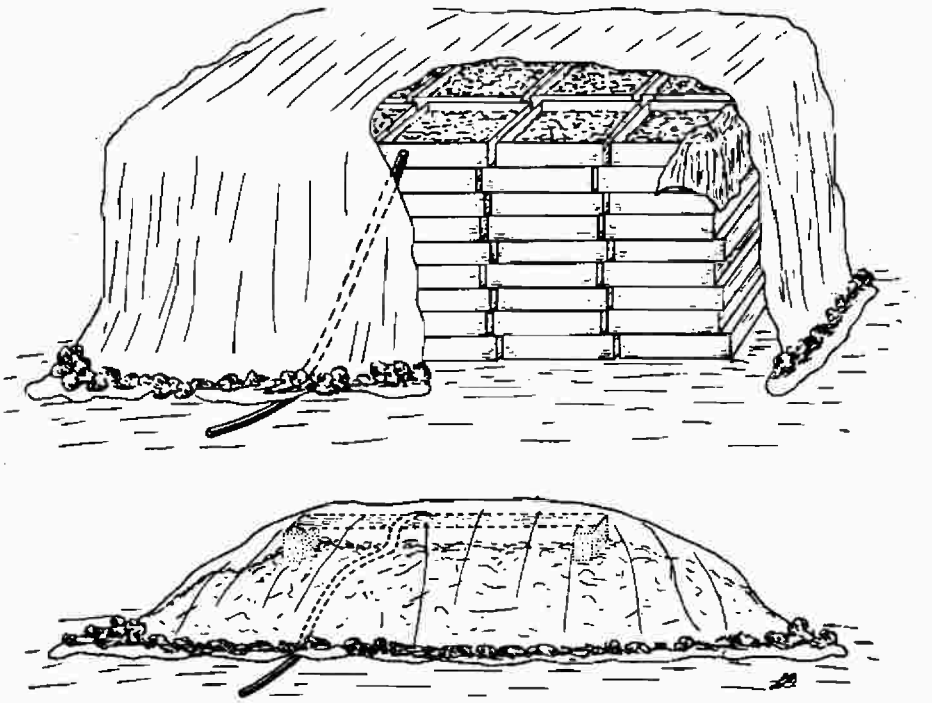
يستعمل هيبوكلوريت الصوديوم Sodium Hypochlorite ، أو الكالسيوم Calcium Hypochlorite فى تطهير أوانى الزراعة التى يعاد استعمالها . ويستخدم لهذا الغرض مستحضرات التنظيف التجارية (مثل الكلوراكس Chlorox) التى تحتوى - عادة - على هيبوكلوريت الصوديوم بنسبة ٥,٢٪ ، بعد تخفيفها بحجمٍ مماثلٍ من الماء .

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 Haheshwari & Saini (١٩٩٢) أن إضافة ١٠ كجم من مسحوق التبييض Bleaching Powder للهكتار مع ماء الرى أدت إلى مكافحة مرض الجذع الأسود - الذى تسببه البكتيريا Erwinia carotovora s.sp. atroseptica - فى البطاطس بصورةٍ أفضل من الرش بالاستربتوسيكلين Streptocycline أو أوكسى كلوريد النحاس .

التعقيم ببروميد الميثايل

يتوفر بروميد الميثايل Methyl Bromide فى حالةٍ سائلةٍ تحت ضغط ؛ إما فى عبوات صغيرة زنة رطل ، وإما فى أنابيب كبيرة مثل أنابيب البوتاجاز . ويتبخر هذا

السائل ويغلى عند حرارة ٤,٤م 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 جيدا بغطاء من البلاستيك (شكل ١٢ - ٢) (Munnecke ١٩٥٧ ، و Banadyga & Wells ١٩٦٢) .



شكل (١٢ - ٢) : تعقيم مخاليط الزراعة وأوعية نمو النباتات ببروميد الميثايل . يلاحظ وجود مسافات بين الأحواض المتراصة حتى يتخلل الغاز بينها بصورة جيدة ، كما يوضع التراب حول حافة الغطاء البلاستيكى لإحكام إغلاقه . يلاحظ أيضا أن فوهة الخرطوم الناقل لبروميد الميثايل تكون فى منتصف الكومة من أعلى (عن Munnecke ١٩٥٧) .

يستخدم بروميد الميثايل بمعدل ٦٠٠ جم لكل متر مكعب من مخاليط الزراعة . تترك المخاليط معرضة للغاز تحت الغطاء لمدة يوم على الأقل فى حرارة ١٥م أو أعلى من ذلك ، أو لمدة يومين على الأقل فى حرارة ١٠م . 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 ١٠م . وبعد ذلك يمكن تداوله ، كما يمكن زراعة البذور بعد ثلاثة أيام من التهوية .

وعند تعقيم المشاتل الحقلية ، يجب حرث الأرض جيدا أولا لعمق ٣٠سم ، وهو العمق الذى تنمو فيه معظم الجذور ، وتنتشر فيه الآفات ، ثم تروى وتترك حتى تصل رطوبتها إلى نحو ٥٠٪ من السعة الحقلية ؛ أى حتى تصبح مستحرثة ، وحينئذ تعامَل بالمبيد بمعدل ٥٠ جم / م٢ من الحقل فى الأراضى الرملية الخفيفة ، تزداد إلى ٧٥ جم / م^{2} فى الأراضى الثقيلة .

وفى حالة تعقيم مساحاتٍ كبيرةٍ من الأرض - كما فى الصوبات والحقول - فإنه يلزم التحكم فى عملية التعقيم . . فتعلق أولا 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 ٤سم ، بها ثقوب متقابلة قطرها ملليمتر واحد تقريبا كل حوالى ٢٠سم . تُمَد هذه الأنابيب على سطح التربة المراد تعقيمها . وعند التعقيم يتم توصيلها بأنبوبة الغاز الرئيسى . ويتم - عادة - مد أنابيب البوليثيلين بطول ٥٠ م ، وعلى بعد ١٠٠ سم من بعضها البعض ؛ وبذا . . فإن كل أنبوبٍ منها يعقم شريطا من الأرض مساحته ٥٠م^{2} (١×٥٠م) . والعادة هى السماح للغاز بالانطلاق فى خطين من أنابيب البوليثيلين فى المرة الواحدة ؛ وبذلك يُعَقَّم 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 . . وتُغَطَّى 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 دجة حرارة التربة عن ٢٠م ، كما يجب تسخين الغاز بإمراره أولا خلال أنابيب فى جهازٍ خاصٍ ؛ حيث يتعرض الغاز لحرارة ١١٠م . ومع خروجه من الجهاز تكون حرارته قد وصلت إلى نحو ٨٠م ، ومع وصوله عبر الأنابيب إلى التربة المراد تعقيمها تكون حرارته قد انخفضت إلى ما يقرب من ٢٠م .

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

ونظرا لأن بروميد الميثايل غاز شديد السمية وعديم الرائحة ، فإنه يخلط بالكلوروبكرين - وهو مبيد فعال كذلك - بنسبةٍ ضئيلةٍ (٢٪) ، حتى يمكن التنبه إلى رائحة الغاز فى حالة تسربه .

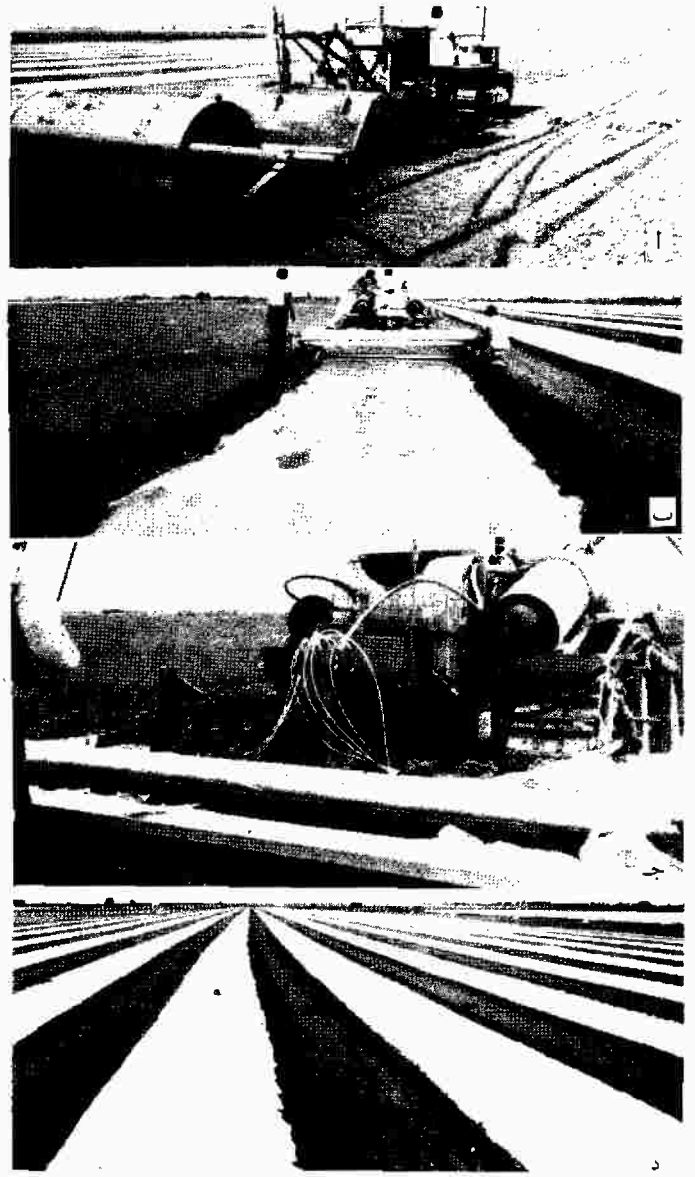
ويؤدى التعقيم ببروميد الميثايل إلى قتل بذور الحشائش (باستثناء الخبيزة التى تكون أقل تأثرًا) ، والنيماتودا ، ومعظم الفطريات (باستثناء فطر الفيرتسيلليم الذى لا يقاوم بصورةٍ مقبولةٍ) ، والبكتيريا ، والحشرات التى توجد فى التربة .

هذا . . وإلى جانب تعقيم مخاليط ومواد الزراعة فى المشاتل ببروميد الميثايل ، وكذلك المشاتل الحقلية ذاتها . . فإن بروميد الميثايل يستخدم على نطاقٍ واسعٍ - فى الولايات المتحدة - فى تعقيم حقول الفراولة . ويستدل من الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن (Larson & Shaw ١٩٩٥) على أن محصول الفراولة يزداد كثيرا عند التعقيم ببروميد الميثايل حتى فى غياب مسببات الأمراض من التربة .

ويبين شكل (١٢ - ٣) خطوات عملية التعقيم على نطاقٍ واسعٍ فى حقول الخضر .

التعقيم بالكلوروبكرن

يستعل الكلوروبكرن Chloropecrin فى تعقيم مخاليط التربة بمعدل ٥ مل (١مل = ١سم٣) لكل قدم٣ من مخلوط الزراعة (حوالى ١٨٥ مل لكل مترٍ مكعبٍ من مخلوط التربة) ، أو نحو ٣٥ مل لكل مترٍ مسطحٍ من الأرض . ويجب ألا تقل



شكل (١٢ - ٣) : طريقة إجراء عملية التعقيم ببروميد الميثايل على نطاق واسع فى حقول الخضر : (أ) حراثه التربة لتفتيت القلاقيل الكبيرة ، وكبسها ؛ لكى تحتفظ بالرطوبة . (ب) عملية حقن التربة ببروميد الميثايل وتغطيتها بالبلاستيك فى آن واحد . (جـ) منظر عن قرب لجهاز توزيع الغاز الذى يصل إلى كل سلاح من أسلحة المحاريث ؛ عن طريق أحد الخراطيم الرفيعة التى تظهر فى الصورة . (د) منظر الحقل بعد انتهاء المرحلة الأولى من التعقيم . يستمر الغطاء لمدة ٢٤ ساعة ، ثم يُرفع ، وتعاد الكرّة لتعقيم المساحات المحصورة بين الشرائح البلاستيكية (عن Wilhelm وآخرين ١٩٦٥) .

درجة حرارة مخلوط التربة أثناء المعاملة عن ١٣م ، 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 يعطى ٣ مل من المبيد فى كل حفنة 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 المقاوم منها ، إلا أنه مرتفع الثمن ، ويسبب 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 ١١/٤ - ٢ ضعف معدل التيسر فى التربة غير المعاملة (Bravenboer ١٩٥٥) .

ويتوفر - حاليا - عدد من التحضيرات التجارية التى تحتوى على مخاليط من بروميد الميثايل والكلوروبكرن بنسبٍ متفاوتةٍ ، وتستعمل كما يستعمل بروميد الميثايل .

التعقيم بالبازاميد

البازاميد Basamid مبيد يستخدم فى تعقيم التربة ومخاليط الزراعة ، وهو حبيبى granular ، ويحتوى على ٩٨٪ دازوميت Dazomet . 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 أولا لمدة ٢ - ٣ أسابيع قبل المعاملة بالبازاميد .

تختلف الكمية المستعملة من البازاميد لكل مترٍ مكعبٍ من خلطة الزراعة ، أو لكل مترٍ مربعٍ 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 جيدا 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 ، وتزداد كذلك الفترة من انتهاء التعقيم إلى حين الزراعة .

ويحصل على أفضل النتائج من استعمال البازاميد حينما تحتوى التربة على نحو ٦٠٪ - ٧٠٪ من سعتها الحقلية لمدة ٨ - ١٤ يوما - 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 شريحةٍ من البوليثيلين ثم يضاف البازاميد - بين طبقاتٍ من المخلوط - بمعدل ٢٠٠ - ٣٠٠ جم من المبيد لكل مترٍ مكعبٍ من بيئة الزراعة ، مع خلط المبيد جيدا مع طبقة المخلوط فى كل مرة . يكوّم المخلوط حتى ارتفاع مترٍ ، ثم يُرش بالماء أو يُغطى بشريحةٍ بلاستيكيةٍ . يُترك المخلوطُ على هذا الوضع لمدة ٤ - ٢٥ يوما - حسب درجة الحرارة - ثم يُهوى المخلوطُ 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 حزامٍ مكان خط الزراعة المتوقع . يكون عرض الحزام - عادة - ٢٠سم ، وتكون إضافة المبيد حتى عمق ٢٠سم ، بمعدل ٤٠ - ٦٠جم / م٢ من سطح الأرض . وتلزم زيادة كمية المبيد المستعملة بمقدار ١٥ - ٢٠جم /م٢ من سطح الأرض مع كل ١٠سم إضافية عمقا يُراد تعقيمها . يراعى خلط المبيد جيدا بالتربة الناعمة ، والتأكد من الزراعة فى منتصف الحزام بعد انتهاء فترة التعقيم والتهوية . ويفيد ذلك فى السماح للنباتات الصغيرة بالنمو فى بيئةٍ خاليةٍ من مسببات الأمراض والآفات ، إلى أن تكبر فى العمر والحجم ، وتصبح أكثر قدرة على تحمل الإصابات المرضية ، أو أقل تأثرا 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 تختلط الطبقات السفلى غير المعقمة مع الطبقة العلوية المعقمة .

ويسمح بمرور فترة تتراوح بين ٤ أيام و٢٢ يوما - حسب درجة الحرارة - لتهوية التربة قبل الزراعة فيها من جديدٍ .

وتتوقف فترة التعقيم وفترة التهوية المناسبتان على طبيعة التربة ودرجة الحرارة السائدة . وفى الأراضى الطمية 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 ، و إلا تسرب المبيد بعمقٍ فى التربة ؛ محدثا أضرارا بعد ذلك . وإذا كانت الحرارة شديدة الارتفاع قلت

فعالية المبيد ؛ نظرا لسرعة تبخره فى الهواء الخارجى . ويمكن تقصير فترة التهوية بتكرار إثارة التربة (نشرة BASF) .

التعقيم بالسيستان

السيستان Sistan مبيد سائل يستخدم فى تعقيم أرض البيوت المحمية والأوعية ومخاليط التربة المستخدمة فى المشاتل ، كما يستخدم أيضا فى تعقيم الحقول المكشوفة . وعند المعاملة يتحلل السيستان فى التربة ؛ وينطلق منه المركب الفعال ، وهو 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 الأزوت الميسر بالتربة .

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

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

هذا . . ويجب أن تمر ٧ 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 حرثةٍ بعد المعاملة . وفى حالة المعاملة عند ارتفاع درجة الحرارة يجب رش سطح التربة بالماء على فترات بعد المعاملة (نشرة المبيد ، شركة Unicrop) .

التعقيم بمبيداتٍ أخرى

من المبيدات الهامة الأخرى المستعملة فى تعقيم التربة ما يلى :

١ - الفابام :

مبيد سائل قابل للذوبان فى الماء يستخدم فى التخلص من النيماتودا ، والفطريات ، ومعظم الحشائش ، ولا يجوز استخدامة إلا عندما تكون حرارة التربة ١٠م على الأقل . يكون المبيد غازا يتخلل التربة بسرعة ، ويضاف رشا على سطح التربة ، أو مع ماء الرى ، أو بآلات حقنٍ خاصةٍ . تعامل مراقد البذور بمعدل نحو لترٍ من المبيد فى ٩ لترات ماء لكل نحو ١٠م^{٢} من المساحة . يجب الرى بعد المعاملة مباشرة والانتظار لمدة ٢ - ٣ أسابيع بعد المعاملة حتى الزراعة . ولا يعد هذا المبيد ساما للإنسان كالمبيدات الأخرى (Lorenz & Maynard ١٩٨٠) .

٢ - الدى دى D-D :

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

٣ - الفورلكس Vorlex :

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

٤ - التمك Temik .

٥ - الفايدات Vydate .

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

وبصورةٍ عامةٍ . . فإن كل المبيدات التى تستخدم فى تعقيم التربة تعتبر سامة جدا للنباتات ، ويجب عدم الزراعة فى التربة المعاملة إلا بعد انقضاء فترةٍ كافيةٍ 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 .

٦ - المبيدات الفطرية :

تستعمل بعض المبيدات الفطرية فى تطهير تربة المشاتل الحقلية ومخاليط الزراعة من الفطريات المسببة لمرض الذبول الطرى (تساقط البادرات) ؛ ومن أمثلتها المبيدات التالية :

أ - الديازوبن Diazoben : لمكافحة فطرى Phytopthora ، و Pythium .

ب - البينوميل Benomyl : مبيد جهازى يثبط نمو فطريات التربة Rhizoctonia ، و Fusarium ، و Verticillium ، لكنه غير فعال ضد كل من فطرى Phytopthora ، و Pythium .

جـ - الكابتان Captan : يضاف إلى مخاليط الزراعة بمعدل ٥٠٠ جم / م^{٣} ، ويفيد فى مكافحة فطرى Pythium ، و Fusarium ، لكن تأثيره قليل على فطر Rhizoctonia .

د - التروبان Truban : يضاف إلى مخاليط الزراعة بمعدل ٥٠ جم / م^{٣} ، ويفيد فى مكافحة فطْرَىْ : Pythium ، و Phytopthora ، مع بعض التأثير فى كل من فطرى : Fusarium ، و Rhizoctonia (عن Hartmann & Kester ١٩٨٣) .