

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 . . وتنوع 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 الجرات 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 البوليثلين الرقيقة هذه تكون قليلة التكلفة ، ولها نفس فعالية الشرائح السمكية .

وقد تُترك 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 ضغطٍ عليه . . يفضل بلاستيك بسمك ٤٠ - ٨٠ ميكرونا ، مع الحرص على رتق أية تمزقات باستعمال شريطٍ لاصقٍ شفافٍ . ولا يفضل استعمال بلاستيك يزيد سُمكه على ٨٠ ميكرونا ؛ لأنه يعكس قدرا أكبر من الأشعة الشمسية ؛ مما يؤدي إلى انخفاض كفاءته فى رفع حرارة التربة .

ويمكن استعمال بلاستيك شفافٍ يحتوى على مشبّطاتٍ 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 كغطاءٍ بلاستيكيٍّ للتربة .

إعداد التربة للتعقيم

يجب أن تكون التربة المراد تعقيمها مستوية وخالية من الحشائش والنباتات ، والمخلفات النباتية والكتل الترابية الكبيرة التى ترفع البلاستيك ؛ مما يؤدي إلى تواجد جيوبٍ هوائيةٍ 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 - ٩٠ سم) فوق مصاطب الزراعة ، وإما بتغطية كل سطح التربة . تتميز طريقة الشرائط المعقمة بانخفاض تكلفتها ، إلا أنه يترتب عليها تواجد مساحاتٍ غير معقمةٍ بين الشرائط المعقمة تشكل مصدرا لإعادة تلوث الجزء المعقم .

وعند تغطية كل الحقل بالبلاستيك يتعين التريدم جيدا بالتربة حول حواف الشرائح البلاستيكية المتجاورة ، أو لصقها معا بشريطٍ لاصقٍ شفافٍ مقاومٍ 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 في التربة . ويتحقق ذلك في الأراضي الثقيلة ؛ وذلك برى التربة رية غزيرة ، ثم فرش البلاستيك في أقرب وقت ممكن بعد ذلك . أما في الأراضي الرملية التي تُروى بالتنقيط ، فإن شبكة الري يجب أن تبقى تحت البلاستيك مع الري 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 في حرارة التربة ويكون لعمق أكبر . وغالبا ما يكفي التعقيم لمدة ٤ - ٦ أسابيع خلال أشد المواسم حرارة ، ولكن إطالة الفترة إلى ٨ أسابيع يكون أكثر فاعلية .

هذا . . . وتستمر فاعلية عملية التعقيم بالإشعاع الشمسي - عادة - لموسمين زراعيين كاملين .

تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسي على مسببات الأمراض والآفات التي تعيش في التربة

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

ويكون هذا الارتفاع في حرارة التربة سببا رئيسيا في القضاء على عديد من مسببات الأمراض والآفات التي تعيش في التربة ، إما بصورة مباشرة ، وإما بصورة غير مباشرة من خلال تأثير عملية التعقيم على بيولوجى التربة ، كما سيأتى بيانه فيما بعد .

أولا: مسببات الأمراض

يؤدى تعقيم (بستر) التربة بالإشعاع الشمسي إلى القضاء على عديد من الفطريات التي تعيش في التربة وتصيب مختلف المحاصيل الزراعية ؛ مثل (عن Katan ١٩٨٠) :

المرض	المحاصيل	الفطر
ذبول فيرتيليم	الزيتون - القطن - الفراولة - الباذنجان - الطماطم - البطاطس	<i>Verticillium dahliae</i>
الذبول الفيوزاري	البصل - القارون - القطن	<i>Fusarium oxysporum</i>
الجذر الوردى	البصل	<i>Pyrenochaeta terrestris</i>
الجذر الفليني	الطماطم	<i>Pyrenochaeta lycopersici</i>
اللفحة الجنونية	الفول السوداني	<i>Sclerotium rolfsii</i>
عفن الجذور وتساقط البادرات	البصل - الفاصوليا - القطن	<i>Rhizoctonia solani</i>
عفن البذور والجذور	القطن	<i>Thielaviopsis basicola</i>
الذبول الطرى	القطن	<i>Pythium ultimum</i>
عفن القرون	الفول السوداني	<i>Pythium myrothecium</i>
الجذر الصولجاني	الكرب	<i>Plasmiodiophora brassicae</i>
لفحة أسكوكيتا	الطماطم	<i>Didymella lycopersici</i>

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

- ١ - الفطريات *Fusarium solani* ، و *E. oxysporum* ، و *Pythium* spp. ، و *Rhizoctonia solani* فى الطماطم (الأسعد وأبو غربية ١٩٨٦) .
- ٢ - الفطر *Sclerotium rolfsii* فى الفلفل (Stevens وآخرون ١٩٨٨) و الطماطم (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 الصولجاني في الصليبيات ، وكان التعقيم بالإشعاع الشمسي أكثر كفاءة من الدازومت dazomet في مكافحة الفطر (Porter وآخرون ١٩٩١ ، و Rod ١٩٩٤) .

٨ - الفطر *Sclerotinia minor* مسبب مرض سقوط الخس lettuce drop . اعتمد التعقيم على وجود نفقٍ بلاستيكي 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 *Phytophthora parasitica* var. *thorae* ، والبكتيريا *Pseudomonas solanacearum* في الطماطم . وقد كان النقص جوهريا في كثافة الفطر الأول حتى عمق ٥سم فقط ، بينما كان النقص جوهريا في كثافة الفطر الثاني وبكتيريا الذبول حتى عمق ٢٥ سم ، و ١٥ سم على التوالي . وبالرغم من أن تبخير التربة بمخلوطٍ من بروميد الميثايل ، والكلوروبكرون بنسبة ٧٦ : ٣٣ حقق مكافحة جيدة للفطرين حتى عمق ٣٥ سم ، إلا أن نتائج تبخير التربة كانت متبانية بالنسبة لمكافحة بكتيريا الذبول . ولكن تبخير التربة مع التعقيم بالإشعاع الشمسي أحدث مزيدا من النقص في كثافة *P. solanacearum* (Chellemi وآخرون ١٩٩٤) .

وبالمقارنة . . وجد في دراسةٍ أخرى أن التعقيم بالإشعاع الشمسي لم يكن له أي تأثيرٍ على البكتيريا *Pseudomonas solanacearum* المسببة لمرض الذبول البكتيري في الطماطم (Chellemi وآخرون ١٩٩٤) .

ثانيا: النيماتودا

يؤدي تعقيم التربة بالإشعاع الشمسي إلى تخفيض أعداد النيماتودا التي توجد في التربة حتى عمق حوالي ٣٠ سم ، أما في الأعماق الأكثر من ذلك فإن الارتفاع في درجة حرارة التربة لا يكون بالقدر الذي يمكن أن يؤثر في النيماتودا ؛ ولذا . . فإن

التعميم بالإشعاع الشمسي يكون أكثر فاعلية في مكافحة النيما تودا بالنسبة للمحاصيل ذات الجذور السطحية .

وتبعاً لدراسات Chellemi وآخرين (١٩٩٤) فإن أعلى درجة حرارة أحدثها التعميم بالإشعاع الشمسي (في 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 مصاحباً بانخفاض في أعداد أنواع النيما تودا : *Paratrichodorus minor* ، و *Rotylenchulus reniformis* ، و *Circonemella* spp. على صنفين من الطماطم بعد ٨٥ يوماً من الشتل . وقد تساوت فاعلية التعميم بالإشعاع الشمسي - في هذا الشأن - مع فاعلية التعميم بمخلوط من بروميد الميثايل والكوروبكرن ، بنسبة ٦٧ : ٣٣ ، وبمعدل ٤٤٨ كجم للهكتار (١٨٧ كجم / فدان) .

كما وجد Stevens وآخرون (١٩٨٨ ب ، و ١٩٨٨ ج) أن التعميم بالإشعاع الشمسي أحدث انخفاضاً في أعداد نيما تودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* بلغ ٩٢٪ في إحدى الدراسات .

وتبعاً لـ Gamliel & Stapleton (١٩٩٣) فإن الجمع بين التسميد بزرق الدواجن مع التعميم بالإشعاع الشمسي يزيد - كثيراً - من فاعلية التعميم في مكافحة نيما تودا تعقد الجذور .

كذلك أوضحت دراسات Abdel-Rahim وآخرين (١٩٨٨) أن التعميم بالإشعاع الشمسي أدى إلى مكافحة النيما تودا *R. reniformis* لمدة ٦٠ يوماً بعد الزراعة .

ثالثاً: النباتات الزهرية المتطفلة

وجد Jacobson وآخرون (١٩٨٠) أن تغطية التربة في حقلٍ موبوءٍ - بشدةٍ - بالهالوك المصري *Orobanche aegyptiaca* لمدة ٣٦ يوماً قبل الزراعة خلال الموسم الحار في أغسطس وسبتمبر أدت إلى مكافحة الهالوك بصورة جيدة ؛ حيث نما محصول الجزر بصورة طبيعية في الحقل المعامل ، بينما تقزمت نباتات الجزر ، وأصيبت - بشدةٍ - بالهالوك في الحقل غير المعامل . وقد وُجِدَ أن الغطاء البلاستيكي - الذي كان من

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

رابعاً : 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 يحدث - مع التبخير ببروميد الميثايل - خفضاً كبيراً 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 حُصلَ عليها - فى هذا الشأن - فيما يلى (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤) .

الاسم العربى	الاسم الانجليزى	الاسم العلمى
أولاً : حشائش كُوفِحتْ بشكل جيد		
دنبية	Annual blugrass	<u>Poa annua</u>
عرق الليمون	Barnyardgrass	<u>Echinochloa crus-galli</u>
عنب الديب	Bermuda buttercup	<u>Oxalis pes-caprae</u>
خبيزة	Black nightshade	<u>Solanum nigrum</u>
شُبُيط	Cheeseweed	<u>Malva parviflora</u>
قزّارة	Cockbur	<u>Xanthium spinosum</u>
مَرَار	Common chickweed	<u>Stellatia media</u>
الهالوك	Common groundsel	<u>Senecio vulgaris</u>
عَلْيَق (من البذرة)	Egyptian broomrape	<u>Orobanche aegyptiaca</u>
طاقة الغراب أو فم السمكة	Field bindweed	<u>Convolvulus arvensis</u>
الداتورة	Hairy nightshade	<u>Solanum sarachoides</u>
ركبة الجمل أو فناء الكلب	Henbit	<u>Lamium amplexicaule</u>
	Jimsonweed	<u>Datura stramonium</u>
	Lambsquarters	<u>Chenopodium album</u>

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

تأثير التعقيم على نشاط واعداد 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 ٥ سم ، 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 عمق كبير فى التربة قد قُضى عليها أيضا ، ورغم 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 فى التوازن بين الكائنات الدقيقة فى التربة لصالح الكائنات غير المرضية المنافسة .

فمثلا . . تزداد أعداد بعض الكائنات المفيدة ؛ مثل *Trichoderma spp.* ، والأكيتوميسيتات *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 ، و ١٩٨٨ ج) .

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 ٩٠ سم ، بينما كانت الأكتينوميستات Actinomycetes أقل تأثرا . كذلك انخفضت أعداد البكتيريا والفطريات التى تتحمل الحرارة بالمعاملة .

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

وأنقصَ التعقيم بالإشعاع الشمسى - بشدة - 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 الميكروبي 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 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 يمكن 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 أظهرتا انجذابا كيميائيا - فى أنبوبة شعيرية - 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 - انجذابا نحو مخلوط من الأحماض الأمينية أو من الأحماض الأمينية مع السكريات . وقد استنتج 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 المسيرة لاستعمال النبات من بعض العناصر المغذية ؛ مثل النيتروجين (فى صورته النتراتية والأمونيومية) ، والكالسيوم ، والمغنسيوم (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤) .

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

التأثيرات السلبية

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

١ - تقلل المعاملة 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 جنس *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 يقضى 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 والقارون عند زراعتها - بالتوالى - بعد التعقيم . كان التعقيم لمدة شهر واحد هو شهر يوليو ، واستخدم بوليثلين شفاف بسمك ٤٠ ميكرونا . وبعد هذه الفترة أزيل الغطاء البلاستيكى من بعض القطع ، ورُش بطلاء عاكس للضوء فى قطع 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 متبقى للتعقيم بالإشعاع الشمسى على محصول القارون 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 / ٢م ، وبدون معاملة للمقارنة ، وكانت النتائج كما يلي :

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 فعالية عالية للتغطية - بالبلاستيك الشفاف لمدة شهرين - مساوية لمعاملة التبخير ببروميد الميثايل فى تخفيض أعداد كل من الفطريات : *F. solani*، *Fusarium oxysporum*، 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 ٤٩ م - على الأقل - لمدة ٤١ يوما 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 ١٩٨٨) .

وفي دراسة أخرى . . قورنت زراعة البطاطا صنف Georgia Jet في أرض معقمة بالإشعاع الشمسي مع زراعتها في أرض غير معقمة ، وكانت النتائج كما يلي :

١ - ازداد النمو الخضري والجذري ، ومحصول البطاطا حتى في غياب مسببات الأمراض الرئيسية .

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

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

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

وفي مصر . . وجد Abdel-Rahim وآخرون (١٩٨٨) أن تعقيم التربة بالإشعاع الشمسي في أراضي تروى سطوحيا أدى إلى :

١ - مكافحة الحشائش ، والهلوك ، ومرض الجذر الفليني ، ونيماتودا تعقد الجذور - بكفاءة - في حقول الطماطم .

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

٣ - تحسين النمو وزيادة المحصول بنسب تراوحت بين ٢٥٪ و ٤٣٢٪ في الفول الرومي ، والبصل ، والطماطم ، والبرسيم في نوعيات مختلفة من الأراضي .

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 عقرت بالإشعاع الشمسى ، مقارنة بالوزن فى الأرض التى تركت دون تعقيم .

رقد أوضحت دراسات Hartz وآخرين (١٩٨٩) على البصل أن تعقيم الحقل بطريقة الإشعاع الشمسى لمدة ٦٢ يوما أحدث زيادة جوهرية فى نسبة إنبات البذور

والمحصول ، بينما 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 جُمع 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 rolfii* 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 ٩م - ١٤م .

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 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 صوديوم الميتام 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 ٥م (إلى ٤٤م - ٤٨م) على عمق ١٠ سم ، وبنحو ٤م - ٥م (إلى ٤٠م - ٤٢م) على عمق ٢٠ - ٣٠ سم .
- ٢ - أحدث التعقيم بأى من الطريقتين نقصا فى أعداد الفطر فى الخمسة عشر ستمترا السطحية من التربة .

٣ - حدث ثبات نسبي في أعداد الفطر خلال التسعة شهور التي أعقبت التعقيم بالإشعاع الشمسي لمدة شهرين ؛ حيث استمرت منخفضة ، ولكن أعداد الفطر تقلبت خلال نفس الفترة في التربة التي عقمت بالإشعاع الشمسي لمدة شهر واحد ، وارتفعت في التربة التي عقمت بالتبخير .

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

ويستدل من دراسات Chellemi وآخرين (١٩٩٤) في ولاية فلوريدا الأمريكية على أن التعقيم بالإشعاع الشمسي 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 التوالي ، مقارنة بدرجة ٤٣,٨ م° ، و ٣٨,٩ م° ، و ٣٦,٥ م° عند نفس الأعماق - على التوالي - في التربة غير المغطاة بالبلاستيك . وقد كانت عملية التغطية بالبلاستيك مصاحبة بنقص معنوي في كثافة الفطرين *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* ، و *E. oxysporum* f. sp. *radicis - lycopersici* حتى عمق ٥ سم ، والبكتيريا *Pseudomonas solanacearum* حتى عمق ١٥ سم ، والفطر *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* حتى عمق ٢٥ سم .

التعقيم بالبخار

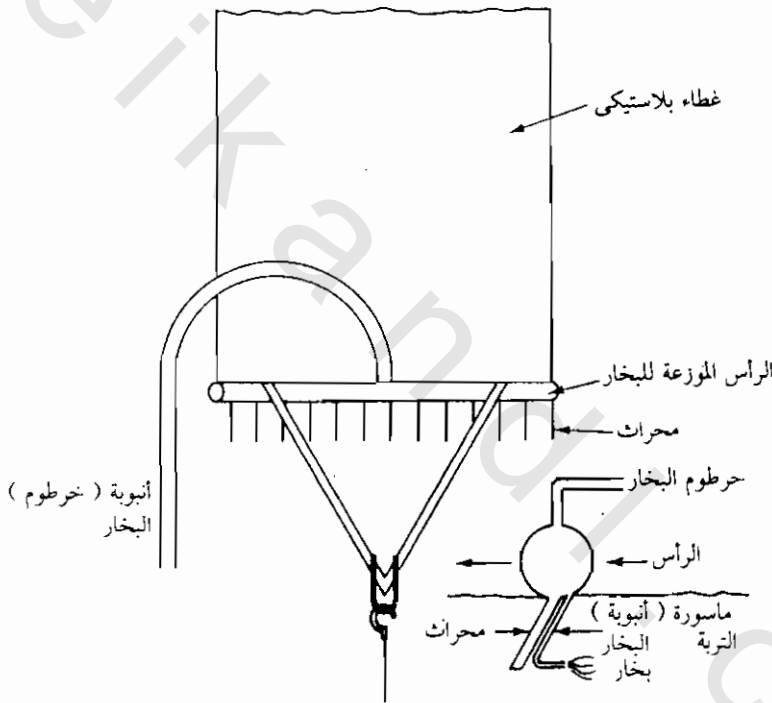
يعد التعقيم بالبخار من أكثر الطرق استخداما في المناطق الباردة ، وخاصة في البيوت المحمية (الصوبات) التي تتم التدفئة فيها بالبخار .

طرق التعقيم بالبخار

تعقم التربة بحقنها بالبخار لمدة ٣٠ دقيقة ، حتى تصل حرارتها إلى ٨٠ م° - ٨٥ م° . ويتم الحقن بالبخار من خلال أنابيب مثقبة تثبت في 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 ٢٢ سم ، 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 ٣٠ سم قبل إجراء عملية التعقيم ، مع تكسير القلاقل التى يزيد قطرها على ٥ سم ، وألا تعامل بالبخار قبل جفافها ؛ حتى يتغلغل البخار خلالها بصورة جيدة (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 الشتلات 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 ، ونيماطودا ، وفيروسات ، وكذلك الحشرات ، إلا أنها تبقى 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 بأجهزة خاصة تقوم بخلط البخار بالهواء بدرجة معينة 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 .

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

حساب الاحتياجات الحرارية للتعقيم بالبخار

يلزم - عادة - نحو ١,٦ ميجاجول MJ (أو ٣٨١ كيلو كالورى من الحرارة) لرفع درجة حرارة متر مكعب واحد 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 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 فهرنهايت . 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 رطل من البخار ينتج ١٠٠٢ وحدة حرارية بريطانية ، وبذلك يلزم نحو ٦ أرتال من البخار لتعقيم قدم مكعب من الخلطة على حرارة ١٨٠°ف (أو ٩٦ كجم من البخار / م^٣ من الخلطة) . هذا . . . وتقدر مقدرة 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 بقدر يسير لا يزيد كثيرا من قدرته على خزن الحرارة ، ولكنه يفيد فى دفع البخار خلال البيئة . وبمجرد انطلاق البخار فى البيئة ، فإنه يصبح تحت ضغط منخفض جدا ، لا يزيد على رطل واحد 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 - مفككة ؛ حتى تسمح للبخار بالنفاذ من خلالها بصورة جيدة .

٢ - ألا يكون مخلوط التربة جافا ؛ لأن التربة الجافة تكون عازلة للحرارة . ويفيد ترطيب التربة فى إسرار عملية التعقيم ، لكن زيادة الرطوبة على حد معين يبطئ 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 جرام واحد من الماء درجة واحدة تبلغ خمسة أضعاف كمية الحرارة التى تلزم لرفع درجة حرارة وزن مماثل 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 ٩٥°م - ١٠٠°م . 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 بكثير .

٤ - تجنب إضافة كل المكونات الأخرى لبيئة الزراعة قبل التعقيم ؛ نظرا لأنه لا يطرأ عليها أى تغيير ، حتى لو ارتفعت حرارة أى من هذه المكونات إلى ١٠٠°م . ويستثنى من ذلك سماد الأزموكوت ؛ نظرا لأن التعقيم قد يحدث تغيرات 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 درجة ضارة بالنباتات ، لكن التعقيم على درجة حرارة ٧١م (١٦٠ ف) ليس له تأثير يذكر على سماد الأزموكوت .

٥ - يجب دائما توفير غطاء بلاستيكي عند تعقيم مخاليط التربة أو الأرض بالبخار . وتستخدم لذلك شرائح البوليثلين التى تستعمل لموسم 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 neoprene-coated nylon ، وهذه يمكن استخدامها مائة مرة أو أكثر ، لكن كليهما أكثر تكلفة من البوليثلين .

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 ساما للنباتات ، لكن هذه المشكلة لا تكون كبيرة فى مخاليط الزراعة التى لا تحتوى على التربة .

٧ - قد يؤدي البخار إلى إنتاج نيتروجين أمونيومى بكميات كبيرة عند استخدامه فى تعقيم بيئات الزراعة الغنية بالمادة العضوية ، وهى كل البيئات المحتوية على سماد عضوى ، أو البيت الشديد التحلل ، أو المكورة . 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 ammonifying bacteria بتحويل النيتروجين فى المادة العضوية إلى نيتروجين أمونيومى ، ويلى ذلك قيام البكتيريا المنتجة للنترات nitrifying bacteria بتحويل النيتروجين الأمونيومى إلى نيتروجين نتراتى . وتنمو معظم النباتات بصورة جيدة فى مخلوط من النيتروجين الأمونيومى والنيتروجين النتراتى ، وتظهر بكثير من النباتات أعراض التسمم عند تغذيتها على النيتروجين الأمونيومى منفردا .

وعادة . . يتحول النيتروجين الأمونيومى بصفة مستمرة إلى نيتروجين نتراتى بواسطة البكتيريا المنتجة للنترات ، ولهذا فإنه يتواجد - دائما - مخلوط من صورتى الأزوت الأمونيومية والنتراتية ، لكن التعقيم يؤدي 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 ، 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* بأعداد كبيرة ؛ نظرا لغياب المنافسة من الكائنات الأخرى . وينتج هذا الفطر جراثيم تكون فى البداية 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

يراعى عند تعقيم التربة بالمبيدات - بصورة عامة - ألا تقل الحرارة عن ١٠٠م ، 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

حيثُ . كذلك يتبخّر المبيد بسرعة كبيرة في الحرارة العالية ؛ الأمر الذي يؤدي إلى سرعة تسربه من التربة ، فتقل كفاءة عملية التعقيم تبعاً لذلك .

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

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

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

التعقيم بالفورمالدهيد

يستخدم الفورمالدهيد Formaldehyde في تعقيم المشاتل الأرضية ، ومخاليط الزراعة ، وأوعية نمو النباتات ، ويستعمل لذلك الفورمالين التجاري الذي تبلغ قوته ٣٧٪ .

لتعقيم مخاليط الزراعة يستعمل الفورمالين التجاري بمعدل ٢,٥ ملعقة كبيرة في كوب ماء 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 التجاري بالماء بنسبة ١ : ٢٠ ، وتغمر الأوعية والأدوات المراد تعقيمها في المحلول المخفف ، ثم تصفى منه ، وتترك تحت غطاء بلاستيكي لمدة ٢٤ ساعة ، ثم تُكشَف وترش بالماء عدة مرات إلى أن تختفى رائحة الفورمالدهيد ، ويستغرق ذلك ٤ أيام .

أما تعقيم تربة المشاتل الحقلية فيتم برش الفورمالين التجاري 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 يوما قبل استعمالها في 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 البشيم مسبب مرض تساقط البادرات فى الخيار عند استعماله فى تعقيم بيئة زراعية أساسها البيت موس ، وكذلك فطريات *Phomopsis sclerotoides* ، و *Verticillium dahliae* ، و *Didymella bryoniae* فى البيت .

التعقيم (أو التطهير) بهيوكلوريت الصوديوم أو الكالسيوم

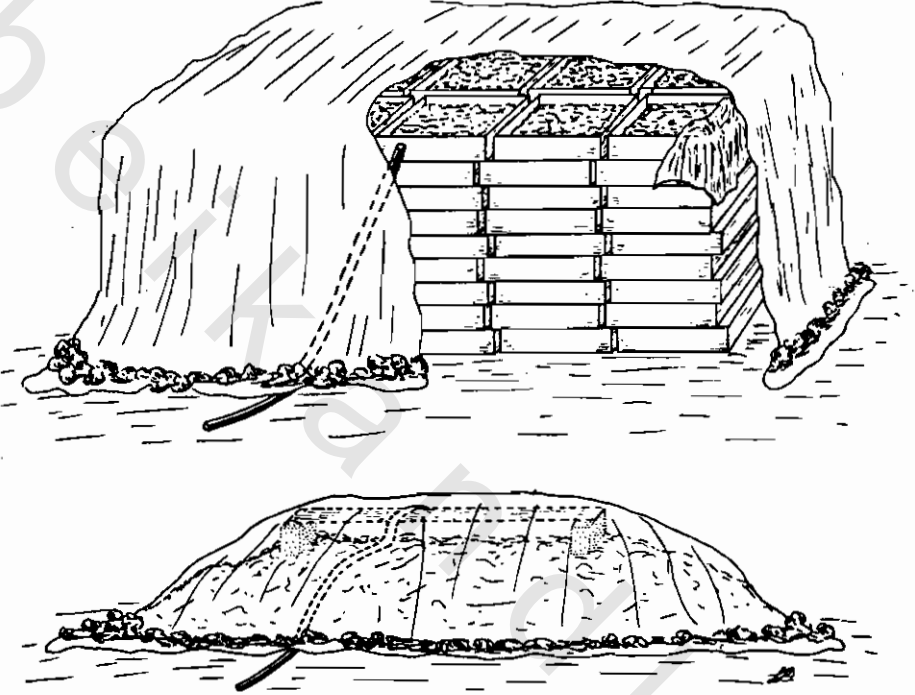
يستعمل هيوكلوريت الصوديوم Sodium Hypochlorite ، أو الكالسيوم Calcium Hypochlorite فى تطهير أوانى الزراعة التى يعاد استعمالها . ويستخدم لهذا الغرض مستحضرات التنظيف التجارية (مثل الكلوراكس Chlorox) التى تحتوى - عادة - على هيوكلوريت الصوديوم بنسبة ٥,٢٪ ، بعد تخفيفها بحجمٍ مماثلٍ من الماء .

وقد أفاد هيوكلوريت الصوديوم فى مكافحة كل من : فطر البشيم *Pythium* - المسبب لمرض تساقط البادرات - فى البيت ، و *Phomopsis sclerotoides* 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 بصورة أفضل من الرش بالاستربتوسيكلين Streptocycline أو أوكسى كلوريد النحاس .

التعقيم 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 ٤٠،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 جيدا بغطاء من البلاستيك (شكل ١٢ - ٢) (١٩٥٧ Munnecke ، و Banadyga & Wells ١٩٦٢) .



شكل (١٢ - ٢) : تعقيم مخاليط الزراعة وأوعية نمو النباتات بروميد الميثايل . يلاحظ وجود مسافات بين الأحواض المتراسة حتى يتخلل الغاز بينها بصورة جيدة ، كما يوضع التراب حول حافة الغطاء البلاستيكي 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 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 ١٠م . وبعد ذلك يمكن تداوله ، كما يمكن زراعة البذور بعد ثلاثة أيام من التهوية .

وعند تعقيم المساتل 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 مستحثة ، وحينئذ تعامل بالمعدل ٥٠ جم / م^٢ من الحقل فى الأراضى الرملية الخفيفة ، تزداد 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 أولا أنبوبة الغاز من ميزان زبركى ؛ حتى يمكن معرفة كمية الغاز المنطلقة ؛ وبذا . . يمكن التحكم فى الكمية المستخدمة فى المساحات المراد تعقيمها .

ويتم توصيل الغاز إلى التربة عبر أنابيب من البوليثلين بقطر نحو ٤سم ، بها ثقب متقابلة قطرها ملليمتر واحد تقريبا كل حوالى ٢٠سم . تُمد هذه الأنابيب على سطح التربة المراد تعقيمها . وعند التعقيم يتم توصيلها بأنبوبة الغاز الرئيسى . ويتم - عادة - مد أنابيب البوليثلين بطول ٥٠ م ، وعلى بعد ١٠٠ سم من بعضها البعض ؛ وبذا . . فإن كل أنبوب منها يعقم شريطا من الأرض مساحته ٥٠م^٢ (١×٥٠م) . والعادة هى السماح للغاز بالانطلاق فى خطين من أنابيب البوليثلين فى المرة الواحدة ؛ وبذلك يُعقم فى كل مرة 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 . . وتُغطى 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 ٢٠م° ، كما يجب تسخين الغاز بإمراره أولاً 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 واحدٍ 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 .

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

ويؤدى التعقيم ببروميد الميثايل إلى قتل بذور الحشائش (باستثناء الخبيزة التى تكون أقل تأثراً) ، والنيماتودا ، ومعظم الفطريات (باستثناء فطر الفيرتسيلليوم الذى لا يقاوم بصورة مقبولة) ، 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 كثيراً 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 بالكلوروبكرين

يستعمل الكلوروبكرين Chloropeccrin فى تعقيم مخاليط التربة بمعدل ٥ مل (١ أونصة) لكل قدم ٣ من مخلوط الزراعة (حوالى ١٨٥ مل لكل متر مكعبٍ من مخلوط التربة) ، أو نحو ٣٥ مل لكل مترٍ مسطحٍ من الأرض . ويجب ألا تقل



شكل (١٢ - ٣) : طريقة إجراء عملية التعقيم بيروميد الميثايل على نطاق واسع في حقول الخضر : (أ) حرّاث التربة لتفتيت القلاقل الكبيرة ، وكبسها ؛ لكي تحتفظ بالرطوبة . (ب) عملية حقن التربة بيروميد الميثايل وتغطيتها بالبلاستيك في آن واحد . (جـ) منظر عن قرب لجهاز توزيع الغاز الذي يصل إلى كل سلاح من أسلحة المحارث ؛ عن طريق أحد الخراطيم الرفيعة التي تظهر في الصورة . (د) منظر الحقل بعد انتهاء المرحلة الأولى من التعقيم . يستمر الغطاء لمدة ٢٤ ساعة ، ثم يُرفع ، وتعاد الكرة 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 الكلوروبكرون فى تعقيم تربة الحقل أو البيوت المحمية بعد إعدادها للزراعة ؛ وذلك بمعدل ٢٠٠ لتر للفدان ؛ حيث يعطى 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 الكلوروبكرون سام للنباتات ، سواء أوصلها عن طريق الجذور أم عن طريق الهواء .

وفيد الكلوروبكرون فى التخلص من الحشرات ، والنيماطودا ، وبذور الحشائش ، وكل الفطريات ، ما عدا القليل المقاوم منها ، إلا أنه مرتفع الثمن ، ويسبب مضايقات للقائمين باستعماله (Lorenz & Maynard ١٩٨٠) .

وقد وجد أن التعقيم بالكلوروبكرون 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 تسير النيتروجين من المادة العضوية فى التربة بمقدار ١١/٤ - ٢ ضعف معدل التيسر فى التربة غير المعاملة (Bravenboer ١٩٥٥) .

ويتوفر - حالياً - عدد من التحضيرات التجارية التى تحتوى على مخاليط من بروميد الميثايل والكلوروبكرون بنسب متفاوتة ، وتستعمل كما يستعمل بروميد الميثايل .

التعقيم بالبازاميد

البازاميد Basamid مبيد يستخدم فى تعقيم التربة ومخاليط الزراعة ، وهو حبيبي granular ، ويحتوى على ٩٨٪ دازومت Dazomet . وهو فعال ضد مدى واسع من النيماطودا وفطريات وحشرات التربة والحشائش ، وخاصة النابتة منها ، وكذلك

الخشيرية 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 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 يجب إضافة المادة العضوية قبل حرث التربة ، وليس مع البازاميد ، أو بعد إضافته .

يجب أن تكون التربة مهيأة جيدا وناعمة إلى العمق الذى يُرغب فى تعميمه ؛ لأن البازاميد لا يمكنه الوصول إلى داخل كتلات 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 التعميم 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 . ففي 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 البوليثلين ثم يضاف البازاميد - بين طبقات من المخلوط - بمعدل ٢٠٠ - ٣٠٠ جم من المبيد لكل متر مكعب من بيئة الزراعة ، مع خلط المبيد جيدا مع طبقة المخلوط فى كل مرة . يكوّم المخلوط حتى ارتفاع متر ، ثم يُرش بالماء أو يُغطى بشريحة بلاستيكية . يُترك المخلوط على هذا الوضع لمدة ٤ - ٢٥ يوما - حسب درجة الحرارة - ثم يُهوى المخلوط 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 / م^٢ من سطح الأرض مع كل ١٠ سم 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 بيئة خالية 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 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° ، وإلا تسرب المبيد بعمق 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) .

التعميم 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 عديد 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 ، ويحسنُ 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 بلاستيكي على التربة لمدة أسبوعين بعد المعاملة ، ثم تُحرث التربة مرة ثانية ، وتترك بحالتها لمدة أسبوعين آخرين . ولا يجب إعداد الأرض للزراعة قبل مرور خمسة أسابيع من أول حرث بعد المعاملة . وفى حالة المعاملة عند ارتفاع درجة الحرارة يجب رش سطح التربة بالماء على فترات بعد المعاملة (نشرة المبيد ، شركة Unicrop) .

التعميم بمبيدات أخرى

من المبيدات الهامة الأخرى المستعملة فى تعقيم التربة ما يلى :

١ - الفايام :

مبيد سائل قابل للذوبان فى الماء يستخدم فى التخلص من النيماتودا ، والفطريات ، ومعظم الحشائش ، ولا يجوز استخدامة إلا عندما تكون حرارة التربة 10°C على الأقل . يكون المبيد غازا يتخلل التربة بسرعة ، ويضاف رشا على سطح التربة ، أو مع ماء الرى ، أو بآلات حقن خاصة . تعامل مرقاد البذور بمعدل نحو لتر من المبيد فى ٩ لترات ماء لكل نحو 10m^2 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 - الدي دى D-D :

يستخدم الدي دى (وهو مخلوط من 1,3 dichloroprepne مع 1,2 dichlorop-ropane) فى التخلص من النيماتودا والحشرات ، ولا يجوز استخدامة إلا عندما تكون درجة حرارة التربة 10°C على الأقل . وتعامل به التربة بمعدل ٢٠٠ - ٣٧٥ لتر/هكتار . ويجب الانتظار لمدة ٢ - ٤ أسابيع بعد المعاملة حتى الزراعة . وهو سام للنباتات .

٣ - الفورلكس Vorlex :

يستخدم الفورلكس فى التخلص من النيماتودا والحشائش و الفطريات ، ولا يجوز استخدامة إلا عندما تكون درجة حرارة التربة 10°C على الأقل . ويجب الانتظار لمدة ٢ - ٤ أسابيع بعد المعاملة حتى الزراعة . وهو سام للنباتات . وتجب تغطية الأرض بالبلاستيك عقب المعاملة .

٤ - التملك Temik :

٥ - الفايدات Vydate :

كلاهما يستخدم فى التخلص من النيماتودا وبعض الحشائش والفطريات ، ولا يجوز استخدامهما إلا عندما تكون حرارة التربة 10°C على الأقل (Hanan وآخرون ١٩٧٨) .

وبصورة عامة . . فإن كل المبيدات التى تستخدم فى تعقيم التربة تعتبر سامة جدا 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 .

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 *Phytophthora* ، و *Pythium* .

ب - البنوميل Benomyl : مبيد جهازى يشبط نمو فطريات التربة *Rhizoctonia* ، و *Fusarium* ، و *Verticillium* ، لكنه غير فعال ضد كل من فطرى *Phytophthora* ، و *Pythium* .

ج - الكابتان Captan : يضاف إلى مخاليط الزراعة بمعدل ٥٠٠ جم / م^٣ ، ويفيد ويقيد 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 فطرى *Pythium* ، و *Phytophthora* ، مع بعض التأثير فى كل من فطرى *Fusarium* ، و *Rhizoctonia* (عن Hartmann & Kester ١٩٨٣) .