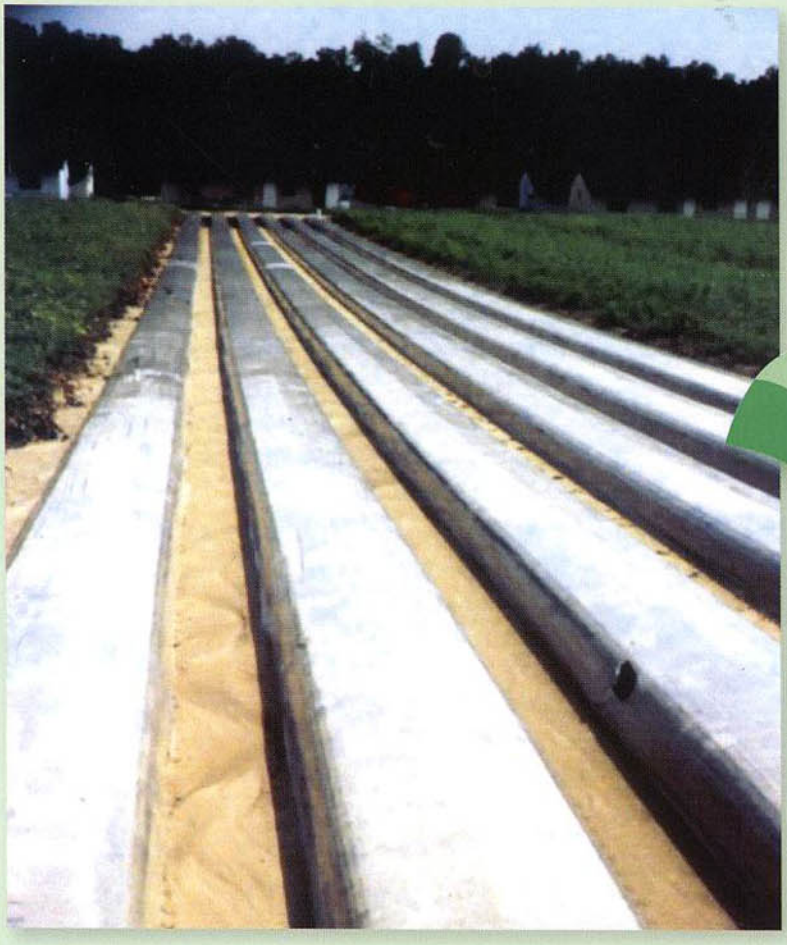
استغلال الطاقة الشمسية في مكافحة النيماتودا وأمراض التربة



٥

أ.د. أحمد بن سعد الحازمي
د. فهد بن عبد الله اليحيى
أ.د. أحمد عبد السميع محمد دوابة
د. عمرو علي الشربيني

سلسلة الإصدارات العلمية للجمعية السعودية للعلوم الزراعية

الإصدار الخامس - السنة الثالثة

الجمعية السعودية للعلوم الزراعية
سلسلة الإصدارات العلمية للجمعية
إصدار رقم (٥)

استغلال الطاقة الشمسية في مكافحة النيماتودا وأمراض التربة

أ.د. أحمد بن سعد الحازمي
د. فهد بن عبد الله اليحيى
أ.د. أحمد عبد السميع محمد دوابة
د. عمرو علي الشربيني

قسم وقاية النبات
كلية الزراعة - جامعة الملك سعود

ⓒ الجمعية السعودية للعلوم الزراعية ١٤٢٤- هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
الحازمي، أحمد بن سعد
استغلال الطاقة الشمسية في مكافحة النيماتودا وأمراض التربة - أحمد سعد الحازمي، فهد عبدالله اليحيى، أحمد عبدالسميع محمد دوابة، عمرو علي الشربيني
- الرياض، ١٤٢٤هـ
٤٠ ص، ١٧×٢٤ سم
ردمك: -٢ ٠ -٩٤٢٩- ٩٩٦٠
١- أمراض نبات نيماتودية أ- العنوان ب - السلسلة
ديوي :

رقم الإيداع:
ردمك: -٢ ٠

حقوق الطبع محفوظة

الطبعة الأولى

١٤٢٤هـ

بسم الله الرحمن الرحيم

المحتـــــويات

المؤلفون في سطور ٧

مقدمة ٩

الأهمية الاقتصادية للنيماتودا المتطفلة على النبات ١١

لماذا اللجوء إلى عملية تشميس التربة؟ ١٦

ما هي عملية تشميس التربة؟ ١٦

أهداف عملية تشميس التربة ١٧

الأساس العلمي لعملية تشميس التربة ١٧

الظروف البيئية والمناخية الملائمة لإجراء عملية تشميس التربة ١٨

(درجة الحرارة - المحتوى الرطوبي للتربة - قوام التربة - الرياح)

التوقيت والفترة الزمنية المناسبين لإجراء عملية تشميس التربة ٢٠

خطوات إجراء عملية تشميس التربة ٢٠

(إضافة المادة العضوية - تمهيد التربة - ترطيب التربة - تغطية التربة)

العوامل التي تزيد من كفاءة عملية تشميس التربة ٢٩

(إضافة المبيدات - الإضافات العضوية - الإضافات النباتية - إضافة الماء الساخن - تشميس مواد الزراعة المساعدة)

تأثير عملية تشميس التربة على النيماتودا المتطفلة على النبات ٣٠

تأثير عملية تشميس التربة على فطريات وبكتيريا التربة الممرضة للنبات ٣١

تأثير عملية تشميس التربة في مكافحة بعض أمراض أشجار الفاكهة ٣١

تأثير عملية تشميس التربة على الأعداء الطبيعية للآفات قاطنة التربة ٣٢

تأثير عملية تشميس التربة على الخواص الكيميائية للتربة ونمو النبات ٣٣

المميزات والفوائد الإضافية لعملية تشميس التربة ٣٣

السلبيات التي تلازم عملية تشميس التربة ٣٤

الأثر الباق لعملية تشميس التربة ٣٥

مشكلة التخلص من الأغطية البلاستيكية ٣٥

استخدام عملية الحرث العميق صيفاً لمكافحة نيماتودا حوصلات الحبوب ٣٦

المراجع ٣٨

مجلس إدارة
الجمعية السعودية للعلوم الزراعية

رئيس الجمعية

أ.د. عبدالله بن عبدالرحمن السعدون

نائب الرئيس

الأستاذ محمد بن عبدالله أبونيان

أمين المجلس

الدكتور محمد بن إبراهيم السعود

أمين الصندوق

أ.د. علي بن إبراهيم حوباني

أعضاء مجلس الإدارة

الدكتور إبرهيم بن عبدالعزيز التركي
الأستاذ عبدالرحمن بن محمد القحطاني
الأستاذ فهد بن سليمان الوهيبي
الأستاذ ماجد بن حمد الخميس
الدكتور يوسف بن يعقوب الدخيل

هيئة تحرير سلسلة الإصدارات العلمية
للجمعية السعودية للعلوم الزراعية

رئيس التحرير

الدكتور عدنان بن سالم باجابر

مدير التحرير

أ.د. عبدالله بن عبدالرحمن السعدون

التحرير

الدكتور فهد بن عبدالله اليحيى
أ.د. محمد بن سليمان السكران
الدكتور عبدالله بن محمد الحمدان

المؤلفون في سطور..

أ.د.أحمد بن سعد الحازمي

- حصل على درجة الدكتوراه في أمراض النبات النيماتودية من جامعة ولاية كارولينا الشمالية عام ١٩٨١م، وهو أول سعودي يطرق هذا التخصص.
- تدرج في الدرجات العلمية حتى حصل على درجة أستاذ مع التميز العلمي، كما حصل على عدة جوائز أخرى آخرها جائزة العالم المتميز في العلوم الزراعية.
- تولى رئاسة قسم وقاية النبات بكلية الزراعة لثلاث فترات، ووكالة الكلية من عام ١٩٨٣ إلى ١٩٨٥م، ثم عين عميداً للكلية منذ عام ١٩٩٩م وحتى الآن.
- لسعادته أكثر من ٣٥ بحثاً منشوراً في دوريات علمية عالمية وعربية ومحلية، كما حضر وشارك في أكثر من ٤٠ مؤتمراً وندوة علمية بالداخل والخارج.

د.فهد بن عبدالله اليحيى

- أول سعودي يحصل على درجة الماجستير في أمراض النبات النيماتودية من جامعة سعودية تحت إشراف الدكتور أحمد الحازمي عام ١٩٨٧م، ثم حصل على الدكتوراه من جامعة ليدز ببريطانيا عام ١٩٩٣م.
- تدرج في الدرجات العلمية حتى حصل على درجة أستاذ مشارك عام ١٩٩٩م.
- تولى رئاسة قسم وقاية النبات بكلية الزراعة – جامعة الملك سعود لثلاث فترات متتالية، ورأس وشارك بالعديد من اللجان العلمية والتنظيمية بالجامعة.
- لسعادته أكثر من ٢٠ بحثاً منشوراً في دوريات علمية عالمية وعربية ومحلية، كما حضر وشارك في أكثر من ٢٠ مؤتمراً وندوة علمية بالداخل والخارج.

أ.د.أحمد عبدالسميع محمد دوابة

- حصل على درجة الدكتوراه في أمراض النبات النيماتودية من جامعة الإسكندرية بمصر عام ١٩٨٩م.
- رئيس بحوث النيماتودا بمعهد بحوث أمراض النباتات بجمهورية مصر العربية، ويعمل حالياً بوظيفة محاضر بكلية الزراعة - جامعة الملك سعود.
- لسعادته أكثر من ٢٥ بحثاً منشوراً في دوريات علمية عالمية وعربية ومحلية، كما حضر وشارك في أكثر من ٢٥ مؤتمراً وندوة علمية بالداخل والخارج.
- شارك بالعمل البحثي في ١٥ مشروعاً بحثياً، وساهم بالتدريس النظري والعملي في العديد من الدورات التدريبية وورش العمل بمصر والسعودية.
- عضو هيئة تحرير مجلة وقاية النبات العربية، وعضو لجنة تعريب المصطلحات، وعضو لجنة المطبوعات والنشر بالجمعية العربية لوقاية النبات.

د.عمرو على الشربيني

- حصل على درجة الدكتوراه في أمراض النبات النيماتودية من جامعة الإسكندرية بمصر عام ٢٠٠٠م.
- باحث بقسم بحوث النيماتودا - معهد بحوث أمراض النباتات بجمهورية مصر العربية، ويعمل حالياً بوظيفة مساعد باحث بكلية الزراعة - جامعة الملك سعود.
- لسعادته عدة بحوث منشورة في دوريات علمية عالمية وعربية ومحلية، كما حضر وشارك في عدة مؤتمرات وندوات علمية بالداخل والخارج.
- شارك بالعمل البحثي في عدد من المشروعات البحثية بمصر، وساهم بالتدريس العملي في العديد من الدورات التدريبية وورش العمل بمصر والسعودية.

مقـــدمـة

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على المبعوث رحمة للعالمين، ..... وبعد:

أدى اللجوء إلى استخدام النظم الزراعية المكثفة لمواجهة الطلب المتزايد على الغذاء والكساء إلى انتشار بعض الأمراض النباتية المتسببة عن النيماتودا وبعض المسببات المرضية الأخرى. وقد أدّى تضرر الكثير من المزارعين من التداعيات الخطيرة لبعض هذه الأمراض وتأثيرها السلبي الكبير على اقتصادياتهم إلى هرولتهم نحو الاستخدام غير المرشَّد للمبيدات - خصوصاً في البيوت المحمية - بكميات رهيبة ودون استشارة المتخصصين في بعض الأحيان، بل ودون داع أحياناً أخرى. ونظراً لما قد يسببه ذلك من عواقب وخيمة على صحة الإنسان والحيوان والبيئة، ولعدم قدرة المبيد الواحد أياً كان نوعه على مجابهة كل تلك الآفات وتزايد أعداد سلالاتها المقاومة للمبيدات، فقد تبنى هذا الإصدار التطرق إلى وسيلة أخرى قد تكون أكثر أماناً واقتصاداً لمكافحة هذه الآفات وهي تقنية تشميس التربة (soil solarization). ومن أجل ذلك فقد تناول هذا الإصدار أهداف وأساسيات وطريقة إجراء عملية تشميس التربة، ودورها في مكافحة النيماتودا وبعض الآفات والمسببات المرضية الأخرى من قاطنات التربة، وكذلك علاقتها بالتنوع الإحيائي بالتربة، وتأثيراتها على الخصائص الكيميائية للتربة، ثم تأثير كل ذلك على نمو النباتات وإنتاجيتها. كما يتطرق الإصدار أيضاً إلى طريقة الحرث العميق صيفاً (deep summer plouphing) في مكافحة نيماتودا حوصلات الحبوب (*Heterodera avenae*) على نباتات القمح.

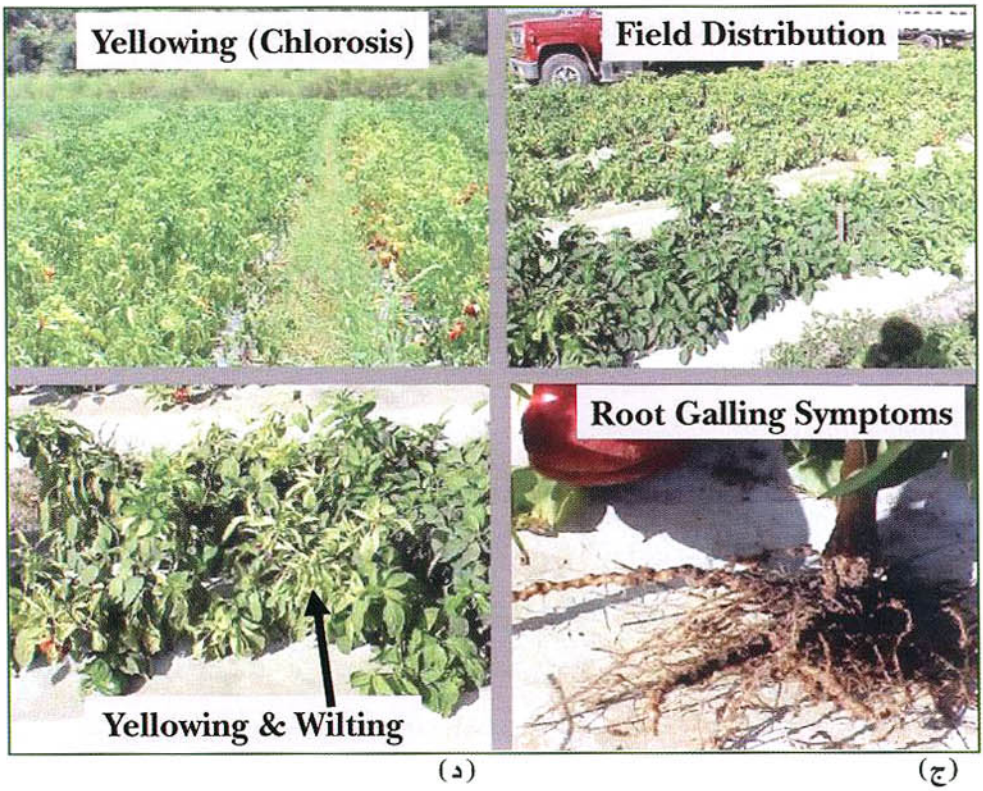
نسأل الله التوفيق والسداد، إنه نعم المولى ونعم النصير.

المؤلفون

محرم ١٤٢٤هـ

الأهمية الاقتصادية للنيماتودا المتطفلة على النبات

النيماتودا المتطفلة على النبات هي كائنات دودية الشكل صغيرة جداً لا يرى أغلبها بالعين المجردة، تعيش في التربة وتهاجم جذور النباتات أساساً وبعض أجزائها الخضرية أحياناً. وتسبب النيماتودا كثيراً من المشاكل الإنتاجية في المحاصيل التي تهاجمها بشكل عام نتيجة لفقد الجذور المصابة لوظيفتها بعد أن يختزل حجم المجموع الجذري ويفقد الكثير من قدرته على امتصاص الماء والأملاح المعدنية والمغذيات من التربة [١، ٣٦، ٣٧، ٣٨]. وهناك العديد من الأجناس والأنواع النيماتودية التي تشكل أهمية اقتصادية لإنتاج المحاصيل بالمملكة العربية السعودية، ولكن الأهم من بينها على الإطلاق هي نيماتودا تعقد الجذور (*Meloidogyne* spp.) التي تهاجم الكثير من نباتات الخضر والمحاصيل والأشجار، ونيماتودا حوصلات الحبوب (*Heterodera avenae*) التي تهاجم محصولي القمح والشعير، ونيماتودا الموالح (*Tylenchulus semipenetrans*) التي تهاجم العديد من أشجار الموالح، وقد تأتي بعد ذلك أجناس النيماتودا الحلزونية ونيماتودا التقزم وبعض الأجناس والأنواع الأخرى [٣]. وفي كثير من الأحيان قد يوجد خليط من عدة أجناس أو أنواع من النيماتودا المتطفلة على النباتات بالحقل الواحد [٣٦، ٣٧، ٣٨]. ولا شك أن الفقد في المحاصيل الزراعية بسبب الإصابة بالنيماتودا كبير ومؤثر بالمملكة، وخصوصاً في محاصيل الخضر نتيجة للإصابة بنيماتودا تعقد الجذور، ومحصول القمح نتيجة للإصابة بنيماتودا حوصلات الحبوب [٣]. وبالإضافة إلى الضرر المباشر الواقع على محصول معين نتيجة للإصابة بالنيماتودا في حد ذاتها (الأشكال ١ - ٣)، فهناك البعض من أجناس النيماتودا الذي قد يضعف أو يهيئ النبات للإصابة بفطريات أو بكتيريات لم يكن ليصاب بها لولا وجوده، بل إن هناك البعض الآخر منها الذي يسبب معقدات مرضية مع بعض المسببات المرضية الأخرى يزيد ضررها عن مجموع ما تحدثه كل من النيماتودا والمسبب الآخر بمفردهما (شكل ٤)، كما لا نغفل الدور الذي تلعبه بعض أجناس وأنواع النيماتودا في نقل بعض الفيروسات الممرضة للنبات [١، ٣٦، ٣٧، ٣٨].



شكل رقم (١). أعراض الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور على الفلفل تتمثل في:

(أ) توزيع الإصابة في الحقل (غياب النباتات).

(ب) الإصفرار والشحوب - التكشف الجزئي للون الأخضر على أوراق النبات

(ج) التعقد الجذري.

(د) الإصفرار والذبول.

عن: Noling, 2003 [38]

شكل رقم (٢). صورة مقربة للعقد الجذرية على نباتات فلفل مصابة بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.

عن: Noling, 2003 [38]

شكل رقم (٣). تأثير الإصابة بنيماتودا حوصلات الحبوب *Heterodera avenae* على نباتات القمح بمحافظة الخرج. يلاحظ البقع المتناثرة من النباتات المصابة والتي بدت عليها أعراض الاصفرار والضعف العام في النمو.

شكل رقم (٤). تأثير الإصابة المشتركة بكل من نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. وفطر الذبول الفيوزاريومي *Fusarium oxysporum* في تفاقم الأعراض المرضية على نباتات الطماطم وزيادة نسبة الفقد في المحصول.

عن: Noling, 2003 [38]

لماذا اللجوء إلى عملية تشميس التربة؟

هناك العديد من الطرق التي تستخدم لمكافحة النيماتودا، لعل من أوسعها استخداماً وأكثرها كفاءة هي طرق المكافحة الكيميائية واستخدام نظام الدورة الزراعية والأصناف المقاومة [١] . وبالرغم من الكفاءة النسبية العالية للمبيدات النيماتودية في القضاء على هذه الآفة، إلا أنه يؤخذ عليها ارتفاع تكلفتها المادية وسميتها الشديدة للإنسان والحيوان وخطورتها كملوثات ضارة بالبيئة الزراعية عموماً، كما أن نجاح نظام الدورة الزراعية يعتمد على عوامل عدة، فهو مناسب لمكافحة النيماتودا ذات المدى العوائلي المحدود فقط من النباتات، وقد يواجه أيضاً صعوبات كبيرة في اختيار المحصول البديل في الدورة والمقبول في نفس الوقت لدي المزارع، أما الأصناف المقاومة فهي غير متوفرة إلا لعدد محدود من المحاصيل، وفي الغالب قد لا تكون مقاومة لكل الأنواع والسلالات من النيماتودا أو المسبب المرضي المطلوب مكافحته، علاوة على أنها قد تكون قابلة للإصابة بآفات أو مسببات مرضية أخرى، وقد يؤدي تكرار زراعتها أيضاً إلى حدوث ضغط انتخابي ونشوء سلالات جديدة من النيماتودا أو المسبب المرضي المستهدف تستطيع أن تصيبها وتتكاثر عليها [٣٠]. أما عملية تشميس التربة (soil solarization) فهي عملية سهلة وآمنة وقليلة التكاليف نسبياً وخصوصاً في المساحات الزراعية الصغيرة، وتتيح للمزارع أن يتفادى تكاليف المكافحة الكيميائية الباهظة وأن يتغلب على طول الانتظار حتى يحين موعد زراعة محصوله المفضل في نظام الدورة الزراعية، كما أنها تتميز بالإضافة إلى ذلك بقدرتها على مكافحة بعض الآفات الحشرية والحشائش والمسببات المرضية الأخرى قاطنة التربة [١١، ٢٥، ٣٠، ٤١، ٤٤].

ماهي عملية تشميس التربة؟

هي عملية حرارية غير كيميائية يتم فيها امتصاص الحرارة الناتجة من أشعة الشمس بواسطة التربة الزراعية الرطبة من خلال طبقة أو طبقتين من البلاستيك الرقيق الشفاف أو الملون [١٨] ، وهي في الحقيقة عملية معقدة تؤثر على كل من المجالين الإحيائي وغير الإحيائي بالتربة محدثة بذلك التغيرات التالية:

١- تغيّر كبير في أعداد الكائنات الحية الدقيقة بالتربة.

٢- زيادة القدر الميسر لامتصاص النباتات من بعض العناصر الغذائية بالتربة.

٣- تحسين قوام وتركيب التربة الزراعية بالشكل الذي يحسن من نمو وإنتاجية النباتات والمحاصيل الزراعية.

ومن الناحية النظرية فإن عملية تشميس التربة هي عملية توافقية بين عاملي الزمن ودرجة الحرارة اللذين يرتبط كل منهما بالآخر بعلاقة عكسية، فإذا زادت درجة الحرارة قلّت المدة الزمنية اللازمة لإتمام المعاملة، والعكس صحيح. أما من الناحية العملية فتعتمد عملية الخفض في أعداد الكائنات المرضة للنبات نتيجة لارتفاع درجة الحرارة أثناء عملية التشميس بشكل أساسي على كل من معدل الازدياد في درجة حرارة التربة والزمن الفعلي للتعريض الذي يعتمد هو الآخر على رطوبة التربة ولونها وتركيبها ودرجة حرارة الهواء المحيط بها وطول النهار والكثافة الضوئية [١٨].

أهداف عملية تشميس التربة

تهدف عملية تشميس التربة أساساً إلى خفض كثافة النيماتودا أو مسببات الأمراض النباتية قاطنة التربة إلى دون حد الضرر الاقتصادي، أي إلى الحد الذي يسمح بزراعة وإنتاج المحصول المرغوب والقابل للإصابة بهذه المسببات المرضية دون أن تتأثر إنتاجيته إقتصادياً، أو على الأقل إضعاف قدرة هذه المسببات على إصابة النباتات القابلة للإصابة [٣٠]. وعموماً، يجب معرفة أن عملية التشميس لن تقضي قضاءً تاماً على أية آفة سواء كانت نيماتودية أو حشرية، أو أي مسبب مرضي آخر، ولكنها تخفض أعدادها إلى حد كبير جداً يسمح بنمو جيد للنباتات القابلة للإصابة وإعطاء محصول اقتصادي [٢٥، ٤٤].

الأساس العلمي لعملية تشميس التربة

لا تستطيع النيماتودا المتطفلة على النبات أن تتحمل درجات الحرارة الأعلى من ٤٠°م لفترات طويلة، فقد وجد في بعض التجارب أن النيماتودا لا تستطيع البقاء على قيد الحياة لأكثر من عدة دقائق أو على الأكثر عدة ساعات إذا وصلت درجة حرارة التربة إلى ٤٥ – ٥٥°م [٣٠]. وتساعد الأغطية البلاستيكية أو أغطية البولي إيثيلين المستخدمة في تغطية التربة الرطبة أثناء عملية التشميس في اصطياد وتراكم حرارة الأشعة الشمسية بالتربة حيث إنها تسمح بنفاذ أشعة الشمس القصيرة الموجة إليها، بينما لا تسمح بنفاذها مرة أخرى إلى الجو بعد أن تكون هذه الأشعة قد تحولت إلى أشعة طويلة الموجة حيث لا يسمح البلاستيك أو البولي إيثيلين بنفاذها، أي باختصار تمنع هذه الأغطية التشتت الإشعاعي من التربة وهو ما يسمّى بتأثير الصوبة (greenhouse effect) [٢، ١٨، ٢٤، ٣٦، ٣٩]. وبالإضافة إلى ذلك، فإن تغطية التربة تعمل أيضاً على عدم تصاعد الغازات أو بخار الماء منها إلى الجو الخارجي مما يساعد على تقليل الفقد الحراري [١٨، ٢٤، ٣٦، ٣٨]. ويعتبر توفر قدر مناسب من الرطوبة بالتربة (أقل بقليل من السعة الحقلية) عاملاً بل شرطاً هاماً من شروط فعالية عملية التشميس، حيث تزيد هذه الرطوبة من حساسية كائنات التربة الحية للحرارة، كما تزيد من درجة التوصيل الحراري بالتربة [١١، ٢٤، ٣٦، ٣٧، ٣٨].

وبالرغم من وصول درجة الحرارة بالتربة إلى الحد المميت للكثير من الكائنات الحية بها أثناء عملية التشميس، فإن ذلك لا يحدث سوى في الطبقة السطحية منها فقط أي حتى عمق ١٠ – ١٥ سم. وعلى كلٍ فإن درجات الحرارة تحت المميتة التي تتوفر على أعماق ٢٠ – ٣٠ سم من سطح التربة تستطيع أيضاً أن تؤثر على حيوية النيماتودا ومقدرتها على إصابة النباتات، وتزيد من ضعفها أمام العوامل الإحيائية وغير الإحيائية بالتربة [٣٠]. وعموماً، تتفاوت كائنات التربة المختلفة من حيث حساسيتها لعملية التشميس في التربة الرطبة، كما تختلف أيضاً درجة الحساسية للحرارة بين الأنواع المختلفة من النيماتودا، فعلى سبيل المثال تتحمل نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne javanica* درجة حرارة ٥٠°م لمدة ٣ ساعات بينما تموت نيماتودا *M. hapla* و *M. incognita* إذا تعرضت لنفس درجة الحرارة لزمن أقل من ذلك.

وباستعراض الخطوط العريضة لميكانيكية وطريقة عمل تقنية تشميس التربة نستطيع أن نتبين أن هذه العملية ترتكز على عدة أسس معينة [٢٤] نوجزها فيما يلي:

١- تتراكم الحرارة في التربة المغطاة بأغطية البولي إيثيلين التي تسمح بنفاذ الأشعة الشمسية القصيرة الموجة إلى التربة ولا تسمح بانعكاسها إلى الجو مرة أخرى بعد أن تكون قد تحولت إلى أشعة طويلة الموجة.

٢- لا بد من توفر قدر مناسب من الرطوبة (حوالي ٦٠٪ من السعة الحقلية) بالتربة لتعمل على زيادة التوصيل الحراري بالتربة، كما يحتوي بخار الماء المتصاعد أيضاً نتيجة لتسخين التربة على قدر كبير من الحرارة الكامنة، ويساعد الغطاء البلاستيكي على احتباسها وعدم فقدها.

٣- تعتمد درجة إسهام العاملين السابقين معاً - في الحصول على مكافحة فعالة للآفات - على حقيقة أن الكائنات الحية التي يبلل أجسامها الماء تكون عادة أكثر حساسية للحرارة من الكائنات الجافة.

٤- هناك أيضاً بعض نتائج الدراسات التي تشير إلى أن الكائنات الحية الدقيقة المضادة للنيماتودا وبعض الآفات والمسببات المرضية الأخرى قاطنة التربة غالباً ما تكون أقل حساسية للحرارة وأكثر قدرة على استعادة قدرتها على التكاثر وزيادة أعدادها سريعاً. الأمر الذي يقلب المعادلة في عملية التشميس لصالح الأعداء الطبيعية للنيماتودا ومسببات الأمراض النباتية الأخرى.

٥- تحفز عملية التشميس بعض التفاعلات الميكروبية والفيزيوكيميائية في التربة، والتي ينتج عنها تراكم بعض الغازات التي يوجد من بينها ما هو سام لبعض الكائنات المرضة بالتربة. كما ينتج عنها أيضاً انطلاق بعض الأيونات المعدنية والتي من بينها أيضاً ما هو سام لبعض الكائنات الضارة بالتربة وما هو مفيد في تغذية النبات أو زيادة مقاومته للآفات.

٦- يؤدي التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة ولفترات طويلة إلى قتل الكثير من الكائنات المرضة بالتربة أو على الأقل إضعافها لتصبح فريسة سهلة لكائنات التضاد الإحيائي بالتربة، ولتصبح أيضاً أقل قدرة على مهاجمة النباتات، وأقل قدرة كذلك على البقاء.

٧- يؤدي تجمع بخار الماء على السطح السفلي للغطاء البلاستيكي في صورة قطرات مائية محدبة الأسطح إلى تقليل الفقد الحراري من التربة، وربما أيضاً إلى تراكم وتركيز الإشعاع الشمسي أسفل هذا الغطاء.

٨- تؤدي عملية تشميس التربة في النهاية إلى الحصول على مكافحة آفات أخرى ضارة بالنبات كالحشائش وبعض مسببات أمراض النبات الأخرى التي قد يؤدي وجودها إلى إحداث معقدات مرضية بالاشتراك مع الكائنات المقصود مكافحتها أساساً.

الظروف البيئية والمناخية الملائمة لإجراء عملية تشميس التربة

تعتبر تقنية تشميس التربة من الطرق المناسبة لمعاملة المشاتل والبيوت المحمية والحقول الصغيرة، وكذلك القطع المتفرقة أو المتناثرة الحديثة العهد بالإصابة النيماتودية في الحقول

الكبيرة [١١، ٤١]، أما إذا انتشرت الإصابة وشملت كامل الحقل تقريباً كما هو الحال في المساحات الكبيرة التي تروى بالرش المحوري، فقد يكون البديل الأفضل هو استخدام طريقة الحرث العميق صيفاً (deep summer ploughing) [٢٤، ٣٢، ٣٤] كما سيأتي تفصيله في الجزء الأخير من هذا الإصدار. وعموماً فإن درجة تسخين التربة بواسطة تقنية التشميس تعتمد على عوامل مناخية (مثل كمية الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية والرياح)، وعوامل أخرى تتعلق بخواص التربة (مثل: نوع التربة، ومحتواها من المادة العضوية، ومحتواها الرطوبي، والتنوع الإحيائي بها، وقدرتها على امتصاص الإشعاع الشمسي، وقدرتها على الاحتفاظ بالحرارة، ودرجة التوصيل الحراري بها، والتعاقب المحصولي بالأرض)، بالإضافة إلى بعض المكونات البيئية الأخرى [١٤، ٤٥]. ومن أهم عناصر الظروف البيئية والمناخية الملائمة لعملية تشميس التربة ما يلي:

أولاً: درجة الحرارة:

تحقق عملية تشميس التربة النجاح الأكبر في المناطق ذات الأجواء الحارة ويليها المناطق المعتدلة، أما المناطق الباردة فقد تحتاج عملية التشميس فيها إلى بعض العوامل المساعدة لكي تزيد من كفاءتها كما سيلي ذكره فيما بعد [٢٥، ٣٦، ٣٧، ٣٨، ٤٤]. ولحسن الحظ فإن معظم مناطق المملكة العربية السعودية - مثلها مثل معظم دول منطقة الخليج العربي وبعض البلدان العربية الأخرى - تتمتع بجو حار في أغلب فترات العام، وخصوصاً في فصل الصيف الذي يكون شديد الحرارة ويسوده صفاء الجو خصوصاً في المنطقة الوسطى من المملكة مما يعمل على وصول أكبر قدر من الإشعاع الشمسي إلى التربة. وكلها عوامل تؤدي إلى نجاح عملية تشميس التربة في مكافحة النيماتودا وآفات التربة بدرجة كبيرة.

ثانياً: المحتوى الرطوبي للتربة:

تزداد كفاءة عملية تشميس التربة كثيراً كلما زاد المحتوى الرطوبي بها حيث تعمل الرطوبة على زيادة درجة التوصيل الحراري للتربة، كما تعمل أيضاً على زيادة حساسية النيماتودا والممرضات النباتية قاطنة التربة أو الأطوار الساكنة لكل منهما لدرجات الحرارة المرتفعة. وتعتبر المحافظة على رطوبة التربة عند السعة الحقلية أو أقل منها بقليل طوال عملية التشميس هي الظروف المثلى لأداء تلك العملية [١١، ٢٤، ٣٦، ٣٧، ٣٨].

ثالثاً: قوام التربة:

تزداد كفاءة عملية تشميس التربة في التربة الثقيلة (الطميية إلى الطينية) عنها في التربة الخفيفة (الرملية)، فالتربة التي لا تحتفظ بالماء أو السريعة الصرف – كما هو الحال في التربة الرملية - تقل بالتالي درجة توصيلها للحرارة، ومن ثم تقل درجة الحرارة في طبقاتها السفلى عن الدرجة المميتة للنيماتودا أو المسببات المرضية الأخرى [٣٦، ٣٧، ٣٨، ٤٤]. وبالإضافة إلى ذلك، فإن حركة النيماتودا في التربة إلى أسفل مبتعدة عن درجات الحرارة المميتة لها تكون أكثر

في التربة الرملية أيضاً منها في التربة الطمية أو الطينية [٤٤].

رابعاً: الرياح:

تعمل الرياح الشديدة على تثقيب وإتلاف الأغطية البلاستيكية، بل وإزاحتها أحياناً مما يؤدي إلى تسرب الحرارة المختزنة في التربة وتقليل كفاءة عملية التشميس [٢٥]، لذلك لابد من اتخاذ الإجراءات الكفيلة بعدم حدوث ذلك في المناطق التي تتعرض لمثل هذه الرياح كما سيلي تفصيله عند شرح خطوة تغطية التربة.

التوقيت والفترة الزمنية المناسبين لإجراء عملية تشميس التربة

أفضل الأوقات لإجراء عملية التشميس هي أيام الصيف الحارة المشمسة ذات النهار الطويل، وذلك حتى يتسنى لنا الحصول على أقصى درجات الحرارة الممكنة في التربة المعاملة ولأقصى عمق ممكن، وبالتالي تزيد فرصة المكافحة للعديد من آفات وكائنات التربة المرضة [٢٥]. هذا وتتراوح الفترة الزمنية اللازمة للحصول على مكافحة جيدة ضد آفات التربة بواسطة عملية التشميس من ٢ إلى ٩ أسابيع [٢٤] بالرغم أن فترة أسبوعين قد لا تكون كافية لمكافحة العديد من الحشائش والأعشاب الشائعة الوجود في الكثير من الأراضي الزراعية، لكن في مجمل القول يمكن اعتبار أن فترة ٤ - ٦ أسابيع هي فترة مناسبة وكافية جداً لمكافحة النيماتودا ومسببات الأمراض النباتية قاطنة التربة الأخرى في المناطق الحارة. أما في المناطق المعتدلة أو عند إجراء عملية التشميس أثناء فصول السنة الأخرى بخلاف فصل الصيف فيجب ألا تقل الفترة الزمنية للمعاملة عن ٦ – ٨ أسابيع [٢٤، ٢٥، ٤٤].

وعموماً تعتمد الفترة الزمنية اللازمة لعملية التشميس على عدة عوامل تتعلق كلها بالعناصر الأساسية للعملية في حد ذاتها وهي: الظروف المناخية السائدة بالمنطقة وخصوصاً صفاء الجو من الغيوم وما يتوفر بالتالي من الكثافة الضوئية، وطول مدة الإشعاع الشمسي، والخواص التركيبية والكيميائية للتربة، ومحتواها من الرطوبة وعلاقة ذلك بقدرتها على التوصيل الحراري، وحساسية النيماتودا أو المسبب المرضي أو بذور الحشائش المراد مكافحتها بالحرارة، وأخيراً نوع ولون المادة البلاستيكية المصنوع منها الغطاء البلاستيكي المستخدم في التغطية [٧، ١٤، ٣٦].

خطوات إجراء عملية تشميس التربة

أولاً: إضافة المادة العضوية:

يفضل أولاً وقبل البدء في عملية التشميس أن تضاف أي من الأسمدة العضوية، أو أية أجزاء نباتية خضرية لبعض محاصيل الخضر من العائلة الصليبية مثل الكرنب (الملفوف) أو القنبيط (الزهرة) أو غيرها، كما يمكن أيضاً إضافة قش القمح أو الذرة أو الأرز مع مادة سيانواميد الكالسيوم (calcium cyanamide) [٢، ٢٧].

ثانياً: تمهيد التربة:

يجب أن تمهد التربة وتعد بنفس كيفية إعدادها للزراعة، فتحرث وتنعّم تنعيماً جيداً حتى يتم تكسير جميع الكتل الكبيرة وتزال جميع الأحجار والمخلفات النباتية التي يؤدي وجودها إلى خلق جيوب هوائية في التربة أو تمنع ملاصقة الغطاء البلاستيكي لسطح التربة مما يعمل على خفض كفاءة التسخين الحراري بها. كما يجب التأكد من أن سطح التربة قد أصبح في حالة تامة من النظافة والنعومة والاستواء، وذلك حتى نضمن عدم تعرض الغطاء البلاستيكي إلى التمزيق عند فرده على سطح التربة [٢، ١١، ٢٤، ٢٥، ٤٤].

ثالثاً: ترطيب التربة:

يتم التأكد من أن المحتوى الرطوبي للتربة مناسب للبدء في عملية التشميس (عند أو أقل بقليل من السعة الحقلية) قبل وضع الأغطية البلاستيكية على التربة لأن معظم آفات وكائنات التربة الحية تزيد حساسيتها للحرارة المرتفعة في التربة الرطبة عنها في التربة الجافة [٢٥، ٣٦]. ويجب وضع أنابيب مياه أو منقطات تحت الأغطية البلاستيكية للمحافظة على بقاء التربة رطبة طيلة المدة اللازمة للتشميس مما يعمل على زيادة التوصيل الحراري بها [٢٤، ٢٥، ٣٦، ٣٨، ٤٤]. وإذا كانت الأرض الخاضعة لعملية التشميس معدة للزراعة في صورة خطوط، والأغطية البلاستيكية ممدودة فقط على هذه الخطوط المرتفعة، فإنه من الممكن أن تتم عملية الترطيب عندئذ عن طريق دفع الماء في الأخاديد بين الخطوط بطريقة الري بالغمر [٢٤، ٢٥]. أما إذا كان نظام الري المستخدم في الأرض الخاضعة للتشميس هو نظام منقطات تحت سطح التربة فإن ذلك يسهل كثيراً في الحفاظ على رطوبة التربة [٢٥، ٢٧]. وبشكل عام فإن الطريقة التي يضاف بها الماء بعد تغطية التربة وكميته وزمن إضافته تعتمد بشكل أساسي على توفر الماء وأجهزة ونظم الري المتوفرة والتكلفة الاقتصادية، وكذلك قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء [٢٤].

رابعاً: تغطية التربة:

يعتبر اختيار الغطاء البلاستيكي المناسب من أهم خطوات عملية التشميس [١١، ٢٤]. ولمراعاة ذلك يجب أن تتميز المادة البلاستيكية المختارة بدرجة كافية من المرونة حتى لا تتمزق أثناء فردها على التربة، كما يجب أن تكون عالية النفاذية للأشعة الشمسية قصيرة الموجة (لكى تصل أكبر كمية ممكنة من هذه الأشعة إلى التربة)، وغير منفذة للأشعة طويلة الموجة، وأن تكون كذلك أقل إنفاذية لبخار الماء أو الغازات المتكونة من سطح التربة أثناء عملية التشميس [٢، ٢٤، ٢٥، ٤٤]. ويستخدم لذلك أغطية بلاستيكية شفافة مقاومة للأشعة فوق البنفسجية ومصنوعة في الغالب من مادة البولي إيثيلين (Polyethylene) أو مادة كلوريد البولي فينايل (polyvinyl chloride) والتي تعرف اختصاراً باسم "PVC" [٢٤، ٢٥، ٤٤]. وما زالت الأغطية المصنوعة من البولي إيثيلين هي الأكثر استخداماً حتى الآن، وذلك بسبب سهولة استعمالها، ومقاومتها الممتازة للمواد

الكيميائية، وتحملها للاستخدام المتكرر، ومرونتها، وخلوها من الروائح الضارة، وعدم سميتها للكائنات الحية [١٤]، وإن كان يعيبها سهولة اختراقها بالأوراق المدببة لبعض الحشائش وقابليتها للتشقق بفعل الرياح بعد فترة من استخدامها [٢٤]، كما تقل درجة الحرارة القصوى تحت هذه الأغطية بحوالي ٣ – ٧°م مقارنة بمثيلتها تحت الأغطية المصنوعة من مادة كلوريد البولي فينايل [٢٤]. وهناك بعض الأغطية الأخرى التي قد تكون أيضاً أكثر كفاءة في رفع درجة حرارة التربة من تلك المصنوعة من مادة البولي إيثيلين أو كلوريد البولي فينايل وهي: أغطية البولي إيثيلين الفقاعية المزدوجة الطبقات (double-layered bubble polyethylene sheets) والتي تعقد عليها الآمال في الاستخدام مستقبلاً. والأغطية البلاستيكية الممتصة للأشعة الحرارية تحت الحمراء (thermal-infrared absorbing films) التي تصنع من نوع معين من مادة البولي إيثيلين أكثر كفاءة في رفع درجة حرارة التربة من البولي إيثيلين العادي، وأخيراً الأغطية البلاستيكية القابلة للبلل (wettable plastic sheets) المصنوعة من مادة copolymer ethyl-vinyl acetate ولكن يعيبها أنها تفقد القدرة على أداء وظيفتها بعد عدة أسابيع من تعرضها للأشعة الشمسية [٢٤].

يتراوح سمك الأغطية البلاستيكية المستخدمة في عملية التشميس عادة من ٠,٥ إلى ٤ مم، ولكن الأفضل هو ألا يزيد سمكها عن ٢ مم بأية حال [١١، ٢٤، ٢٥]، إذ وجد في كثير من الدراسات أن الأغطية البلاستيكية الرقيقة أكثر كفاءة في رفع درجة حرارة التربة من الأغطية السميكة. كما أن الأغطية الرقيقة تمتاز أيضاً برخص أسعارها نسبياً، ولكن يعيبها أنها عندما ترتفع درجة حرارتها وتتمدد تحت ضغط الحرارة وبخار الماء والغازات المتولدة أثناء عملية التشميس تصبح مع مرور الوقت عرضة للتمزق بفعل الرياح [٢٥]، بالإضافة إلى أنها قد تكون سهلة الاختراق والتمزق أيضاً بواسطة الأوراق المدببة لبعض الأعشاب والحشائش كالسعد مما يعمل على هروب بخار الماء والغازات وبالتالي تقل فعاليتها في تسخين التربة، وأيضاً يصعب إعادة استعمالها مرة أخرى [٢٤].

لا تساعد الأغطية البلاستيكية البيضاء أو السوداء اللون عادة في رفع درجة حرارة التربة إلى الحد اللازم لمكافحة كل آفات التربة، كما أن الأغطية الرقيقة منها (٠,٥ – ١مم) ولو أنها قليلة التكاليف إلا أنها تتمزق بسرعة وسهولة ويفضل أن يستخدم بدلاً منها الأغطية الأكثر سمكاً (٢ مم أو أكثر) وخاصة في المناطق التي تتعرض لمشاكل هبوب الرياح الشديدة أو ماشابهها [٢٥]. وفي دراسة لمقارنة تأثير ألوان الأغطية البلاستيكية على كفاءتها في رفع درجة حرارة التربة وجد أن الأغطية الحمراء هي الأكثر كفاءة يليها الأغطية الشفافة فالخضراء فالزرقاء فالصفراء وأخيراً السوداء، وقد وجد أن ذلك يعتمد على الخواص الضوئية القياسية (الفوتومترية) لهذه الأنواع [٨].

وعند وضع الغطاء البلاستيكي على التربة – وهو أيضاً من أهم خطوات عملية التشميس– يجب أن يكون الغطاء مشدوداً وملاصقاً بإحكام لسطح التربة (شكل ٥) بحيث لا يفصل الهواء بينهما [١١]، وقد وجد في بعض الدراسات أن استخدام طبقتين من البلاستيك يزيد درجة

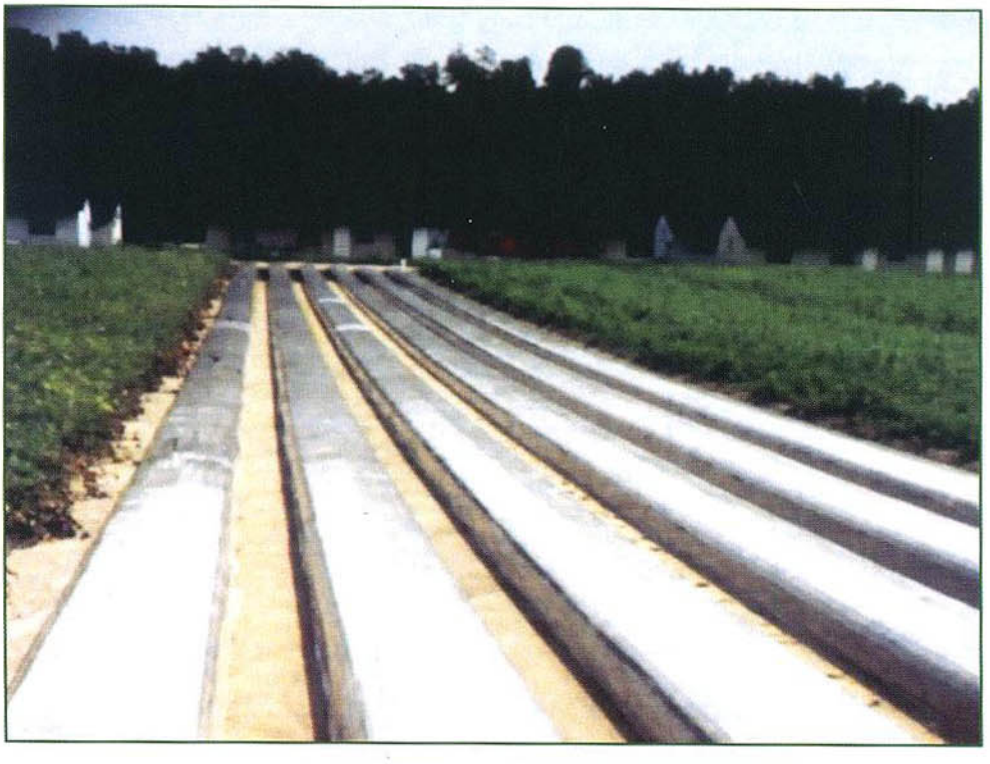
الحرارة بالتربة بحوالي ١٢,٥°م أكثر من الغطاء المفرد [٢٤]. وإذا أردنا الاستفادة من ذلك فيجب أن تفرد الطبقة السفلية من الغطاء مشدودة على سطح التربة لا يفصلهما الهواء وأن تكون الطبقة العلوية مرخاة فوق السفلية بحيث يكون بينهما فاصل من الهواء لأن ذلك يعطي مزيداً من الارتفاع في درجة الحرارة بالتربة ويزيد من فعالية عملية التشميس بشكل عام [١]. يجب أيضاً أن تدفن حواف الأغطية البلاستيكية بالتربة وعلى عمق ١٢ – ١٥ سم وذلك لكي نضمن عدم انتزاعها من التربة في حالة هبوب رياح قوية على موقع المعاملة [١١، ٢٥، ٤٤]. ومن الضروري جداً مراقبة الأغطية البلاستيكية طوال فترة التشميس، والإسراع بترقيع أو سد أي ثقوب تحدث في الغطاء البلاستيكي بمجرد حدوثها، وذلك باستخدام الأشرطة اللاصقة القوية حتى نمنع الفقد الحراري من التربة المعاملة [٢٤، ٢٥].

من الممكن أن يتم فرد الأغطية البلاستيكية على التربة بإحدى الطرق اليدوية [٥٢، ٤٤] أو الميكانيكية على حد سواء (شكل ٦ و ٧) [٢٥، ٢٦، ٤١]. ويفضل أن تكون الأغطية متصلة ومستمرة دون لحام إلا من حوافها، وعند الحاجة إلى ذلك يجب بل يتحتم استخدام مواد لحام حرارية أو لاصقة قوية ومقاومة للحرارة [٢٤]. وكلما كان الغطاء البلاستيكي متصلاً دفعة واحدة كان أكثر كفاءة في أداء وظيفته، خصوصاً في حالة القطع الكبيرة المساحة من التربة لأن درجة الحرارة تقل بالقرب من حواف القطعة المعاملة مقارنة بوسطها [٢٤، ٢٥]. ويجب ألا ننسى أنه في حالة هذه القطع الكبيرة أيضاً يزيد ضغط الغازات وبخار الماء المتولد من التربة مما قد يدفع بالغطاء البلاستيكي إلى أعلى أو يعمل على تمزيقه، ولتجنب ذلك ينصح بوضع أجسام أو قطع خشبية ثقيلة الوزن فوق أماكن متفرقة من الغطاء لتثبيته، أو تشد عليه شبكة من الحبال الغليظة التي تبتعد عن بعضها مسافة ٢ –٣ أمتار وتثبت في نهاية الأمر بواسطة أوتاد مثبتة جيداً عند حواف القطعة المعاملة [٢٤].

وتعتبر الأشرطة البلاستيكية ذات العرض ٦٦ –٩٩سم أكثر مناسبة وجدوى اقتصادية في تغطية الخطوط المعدة لزراعة محاصيل الخضر داخل البيوت المحمية حتى لو كانت هذه الأشرطة من البلاستيك الأسود فقط (شكل ٨) أو البلاستيك الأسود يعلوه طبقة أخرى من البلاستيك الأبيض (شكل ٩) [٢٦، ٢٩]، حيث إنه بعد انتهاء عملية التشميس يمكن غرس البذور أو وضع الشتلات مباشرة في ثقوب صغيرة يتم عملها في هذه الأشرطة البلاستيكة دون رفعها [٦]، الأمر الذي يجنّبنا أيضاً عناء وتكلفة رفعها والتخلص منها. هذا إلى جانب بعض المميزات الأخرى مثل دورها في الحفاظ على رطوبة التربة وقوامها، وعدم السماح بنمو الحشائش الضارة، والمحافظة على المخصبات المضافة من الفقد بالارتشاح، ومكافحتها لبعض الحشرات الضارة بالتربة [٢٥]. وفي حالة الخطوط المعاملة بهذه الطريقة يجب دفن حواف الأشرطة البلاستيكية في الأخاديد المجاورة لضمان فعالية عملية التشميس [٢٥، ٢٦، ٣٩].

وأخيراً وفي كل الأحوال يجب الحذر من حرث المناطق التي عوملت بالتشميس لعدم جلب بذور

الأعشاب والحشائش التي لم تتأثر بالعملية في عمق التربة إلى السطح فتنبت وتسبب المشاكل مرة أخرى [٢٥]، أي يجب إجراء جميع عمليات إعداد التربة للزراعة بالكامل قبل البدء في عملية التشميس، وفي ذلك فائدة أخرى لا تقل أهمية عن سابقتها وهي عدم إثارة ونقل تربة ملوثة إلى التربة التي تم تشميسها [١١، ٢٤].



شكل رقم (٥). تشميس التربة باستخدام الأغطية البلاستيكية الشفافة لرفع درجة حرارتها إلى الحد الذي يكفي لقتل النيماتودا والكائنات الضارة الأخرى قاطنة التربة

عن: Noling, 2003 [38]

شكل رقم(٦). آلة واحدة تقوم بإنشاء الخط والتغطية بالغطاء البلاستيكي وتلحيمه في آن واحد
عن: Hochmuth, 2003 [26]

شكل رقم (٧). ساحب زراعي مزود بآلة واحدة تقوم بحقن المبيد المدخن وضغط التربة لإنشاء الخط ثم التغطية بالغطاء البلاستيكي وتلحيمه في آن واحد

عن: Hochmuth, 2003 [26]

شكل رقم (٨). استخدام شرائط البلاستيك الأسود في التشميس لاستغلالها بعد ذلك في الزراعة. لاحظ الثقوب التي تم عملها بعد انتهاء عملية التشميس لغرس النباتات

عن: Olson 2003 [39]

شكل رقم (٩). استخدام طبقة من شرائط البلاستيك الأسود يعلوها أخرى من البلاستيك الأبيض لتشميس التربة ثم زراعة نباتات الطماطم

عن: Olson 2003 [39]

العوامل التي تزيد من كفاءة عملية تشميس التربة

قد لا تحتاج عملية تشميس التربة - متى أجريت بطريقة جيدة وصحيحة- في معظم مناطق المملكة أو ما شابهها من المناطق الحارة إلى عمليات أخرى إضافية لزيادة كفاءتها مثل إضافة المبيدات أو المواد العضوية أو الماء الساخن وغيرها. لكن هناك بعض الأبحاث التي أشارت إلى أهمية هذه الإضافات كعوامل تساعد في كفاءة عملية تشميس التربة وخصوصاً في المناطق الباردة والمعتدلة، ومن هذه العوامل ما يلي:

أولاً: إضافة المبيدات:

يؤدي استخدام المبيدات النيماتودية المدخنة أو غير المدخنة بجرعات قليلة جنباً إلى جنب مع عملية تشميس التربة إلى زيادة كفاءتها في خفض أعداد النيماتودا وبعض مسببات الأمراض النباتية الأخرى من قاطنات التربة مما ينعكس إيجابياً على نمو النباتات وكمية المحصول. وقد أفادت بعض الدراسات أيضاً بأن إضافة مبيد سائل إلى ماء الري يزيد من كفاءة عملية التشميس ويقلل من طول المدة الزمنية اللازمة لإجرائها، كما يجعلها صالحة للاستخدام في الأجواء الأقل ملاءمة لها أيضاً [٣٠، ٣٦، ٣٧، ٣٨].

ثانياً: الإضافات العضوية:

يغطى سطح التربة ببعض المواد العضوية مثل مخلفات الدواجن أو قش الأرز أو أي مادة عضوية أخرى مع مادة سيانواميد الكالسيوم (calcium cyanamide) إن أمكن قبل تغطيتها بالأغطية البلاستيكية، ويساعد ذلك في زيادة كفاءة العملية وتقليل الزمن اللازم لها [٢٧].

ثالثاً: الإضافات النباتية:

تتحسن فاعلية عملية التشميس وتزيد كفاءتها بإضافة بقايا نباتات العائلة الصليبية إلى التربة قبل تغطيتها بالأغطية البلاستيكية، حيث يساعد البلاستيك فيما بعد على إطلاق المواد الغازية السامة من هذه البقايا إلى التربة فيما يشبه عملية التدخين. وقد وجد أن إضافة بقايا نباتات الكرنب (الملفوف) إلى سطح التربة قبل عملية التشميس قد حقق نتائج مماثلة تماماً لما حققته نتائج الجمع بين عملية التشميس والتدخين بأحد مدخنات التربة المعروفة [٢، ٢٢].

رابعاً: إضافة الماء الساخن:

أوضحت إحدى التجارب التي أجريت بالمملكة الأردنية الهاشمية أن دفع الماء المسخن حراريا بالطاقة الشمسية من تحت الأغطية البلاستيكية أثناء عملية التشميس قد أدى إلى رفع درجة حرارة التربة بمقدار ١٥ و٢٠ °م على عمق ١٠ و٢٠سم على التوالي، مقارنة بدرجات حرارتها المماثلة عند نفس العمقين باستخدام التشميس وحده. وقد أدى هذا الارتفاع إلى زيادة فعالية

المكافحة ضد فطر *Fusarium oxysporum* ونيماتودا *M. javanica*. كما أدى إجراء هذه المعاملة في شهر أكتوبر في مستهل فصل الشتاء إلى رفع كفاءة عملية المكافحة وزيادة محصول الطماطم بدرجة تعادل تماماً كفاءة عملية التشميس خلال فصل الصيف [٤٠].

خامساً: تشميس مواد الزراعة المساعدة:

أوضحت إحدى التجارب التي أجريت بالمملكة المغربية أن تشميس مواد الزراعة المساعدة كالصناديق الخشبية ودعامات أعواد الكافور التي تستخدم كسنادات نباتية قد وفرت الحماية لنباتات الطماطم من الإصابة بمرض تقرح سيقان الطماطم الذي يسببه الفطر *Didymella lycopersici* لأن الفطر يقضي فترات ما بين المحصول على هذه الدعامات. ويجرى التشميس لهذه المواد بحفظها في بيوت زجاجية خالية من النباتات ومحكمة الإغلاق أثناء فصل الصيف الحار [١٣].

تأثير عملية تشميس التربة على النيماتودا المتطفلة على النبات

تمت مكافحة العديد من أنواع النيماتودا المتطفلة نباتياً على الكثير من محاصيل الخضر والحقل والفاكهة بواسطة عملية تشميس التربة في العديد من الدول العربية والأجنبية، كما ثبت نجاحها أيضاً في المملكة العربية السعودية. ومن أكثر أنواع وأجناس النيماتودا التي تمت مكافحتها بتقنية تشميس التربة ما يلي: نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.، و *M. incognita*، و *M. javanica* ونيماتودا الحوصلات *Heterodera*، و *H.cajani*، و *H. avenae*، و *H. trifolii*، و *H. carotae*، و *H. schachtii*، ونيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera rostochiensis* ونيماتودا التقرح *Pratylenchus* spp.، و *P. thornei*، و *P. penetrans*، و *P. vulnus* ونيماتودا التقزم *Tylenchorhynchus* spp.، و *T. vulgaris*، و *T. microbivorus*، و النيماتودا الحلزونية *Helicotylenchus* spp.، و *H. retusus*، و *H. indicus*، و *Rotylenchus incultus*، والنيماتودا الكلوية *Rotylenchulus reniformis*، ونيماتودا الموالح *Tylenchulus semipenetrans*، ونيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus* spp.، و *D. dipsaci*، والنيماتودا الحلقية *Criconemella* spp.، و *C. xenoplax*، و *Hemicriconemoides* spp.، والنيماتودا اللاسعة *Belonolaimus longicaudatus*، والنيماتودا المخرازية *Dolichodorus heterocephalus*، ونيماتودا الأرز *Hirschmanniella mucronata*، والنيماتودا التاجية *Hoplolaimus indicus*، والنيماتودا الدبوسية *Paratylenchus minor*، والنيماتودا الخنجرية *Xiphinema* spp.، ونيماتودا تقصف الجذور *Trichodorus* spp.، و *Paratrichodorus christiei*، و *P. hamatus*، و *P. porsus* [٤، ٧، ٩، ١٢، ١٤، ٢٤، ٢٨، ٣٠، ٣٥، ٣٦، ٣٧، ٣٨، ٤٣، ٤٤، ٤٥، ٤٦]. ويبدو أن تأثير عملية التشميس في خفض كثافة النيماتودا بالتربة لا يعود فقط إلى رفع درجة حرارة التربة إلى

مستويات مميتة للنيماتودا، بل أيضاً إلى التذبذب في درجات حرارة التربة حتى ولو لم تصل إلى الحد القاتل للنيماتودا، كما ويعود كذلك إلى زيادة أعداد كائنات التضاد الإحيائي للنيماتودا بالتربة [١٤].

تأثير عملية تشميس التربة على فطريات وبكتيريا التربة الممرضة للنبات

أفادت عملية تشميس التربة أيضاً في مكافحة الكثير من فطريات التربة الممرضة للعديد من النباتات في كثير من دول وبلدان العالم الحارة والمعتدلة، ومن الفطريات التي تمت مكافحتها بنجاح كل من: *Sclerotium cepivorum*، و*Sclerotium rolfsii*، و*Phytophthora parasitica*، و*Pythium* spp.، و*Rhizoctonia solani*، و*Pyrenochaeta lycopersici*، و*Fusarium oxysporum*، و*Fusarium solani*، و*Verticillium dahliae*، و *Sclerotinia minor* [٥، ١٠، ١٧، ١٨، ٢١، ٢٤، ٢٧، ٣٠، ٤٠، ٤١، ٤٢، ٤٨]. وعلى النقيض من ذلك، لم تنجح عملية التشميس في مكافحة فطريات *Pythium aphanidermatum*، و*Macrophomina phaseolina* على بعض النباتات [١٩، ٢٤]. لكن الأمر قد لا يكون كذلك في البلدان ذات الأجواء الباردة حيث لا تكون عملية تشميس التربة بنفس الفعالية إلا إذا استخدمت داخل البيوت المحمية المغلقة. وبالفعل أمكن باستخدام هذه الطريقة وبواسطة طبقتين من البلاستيك الشفاف داخل البيوت المحمية المغلقة في كل من بلجيكا وفرنسا واليونان وإيطاليا وأسبانيا وإنجلترا واليابان مكافحة أمراض خطيرة تسببها بعض فطريات التربة الممرضة مثل *Pyrenochaeta lycopersici*، و*Verticillium dahliae*، و*Pythium* spp.، و*Phytophthora* spp.، و*Rhizoctonia solani*، و *Sclerotinia minor* [٢٣].

أما بالنسبة للبكتيريات قاطنة التربة والمسببة لأمراض النبات مثل بكتيريا التدرن التاجي *Agrobacterium* وبعض أنواع بكتيريا *Pseudomonas* وكذلك بعض أنواع البكتيريات الموجبة لصبغة جرام فقد تبين أن عملية تشميس التربة قبل الزراعة تؤدي إلي تثبيط نموها بدرجة كبيرة جداً وتمنع ظهورها في التربة لفترة طويلة قد تصل إلى عام كامل بعد عملية التشميس [٢٤].

تأثير عملية تشميس التربة في مكافحة بعض أمراض أشجار الفاكهة

أفادت عملية تشميس التربة في مكافحة مرض الذبول الفيرتسيليومي على أشجار الموز بكاليفورنيا، والزيتون باليونان، وكذلك مرض عفن جذور التفاح الذي يسببه الفطر *Rosellinia necartix* بفلسطين المحتلة، ونيماتودا الموالح والتقرح والحلقية على أشجار الزيتون بكاليفورنيا، ولكن هناك بعض المشاكل الناتجة من تأثير ارتفاع درجة الحرارة على المجموع الجذري للأشجار وفطريات الميكوريزا النافعة بالتربة، وهي مشاكل يمكن التغلب عليها، وما زالت الدراسات مستمرة في هذا المجال [١٢، ٢٤، ٤٨]. أيضاً أمكن باتباع تقنية تشميس التربة بعد الزراعة

مكافحة مرض الذبول الفرتسيليومي في أشجار الزيتون والفستق بنجاح كبير، وكذلك مكافحة إصابة أشجار اللوز صغيرة العمر بفطر *Pythium* دون أن تتضرر الأشجار بدرجات الحرارة المرتفعة أثناء عملية التشميس [٢٤، ٤٨]. وقد أمكن الاستفادة من تقنية تشميس التربة بمنطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية في مكافحة مرض الذبول على أشجار الزيتون، ولكن باستخدام البلاستيك الأسود لأنه لا يؤدي إلى تسخين التربة بالدرجة التي تضر بالأشجار كما هو الحال عند استخدام البلاستيك الشفاف [٢]. وبنفس الطريقة وباستخدام البلاستيك الشفاف والأسود أيضاً أمكن مكافحة نيماتودا الموالح وتقليل أعدادها في تربة وجذور أشجار البرتقال أبو سرة بجمهورية مصر العربية، وأدى ذلك إلى زيادة نمو الأشجار وكمية المحصول وتحسين نوعية الثمار والعصير [٢٨]. وتتلخص طريقة العمل في تلك البساتين بالقيام بجميع الإجراءات المعتادة من تمهيد وترطيب للتربة ثم تغطيتها حول جذوع الأشجار بالغطاء البلاستيكي الشفاف الذي يبلغ سمكه ١٦٠ ميكرون بحيث تكون مساحة الغطاء مساوية تقريباً لمساحة المجموع الخضري للشجرة أو أكبر قليلاً، وقد توفر هذه الطريقة تغطية ٥٠٪ من مساحة البستان المعامل. يمكن أيضاً إجراء المعاملة بتغطية كامل مساحة البستان بغطاء بلاستيكي شفاف سمكه ٨٠ ميكرون، أو تغطية ٧٥٪ من المساحة بغطاء بلاستيكي أسود سمكه ٨٠ ميكرون. وفي كل الأحوال، تفرد الشرائط البلاستيكية بعرض ٤ أمتار أو أي عرض آخر مناسب حول قواعد الأشجار أو بين الصفوف، وتلصق مع بعضها باستخدام صموغ مقاومة للحرارة أو شرائط ضيقة من التربة بحيث لا تترك بينها مسافات لدخول الهواء [٢، ٢٨].

تأثير عملية تشميس التربة على الأعداء الطبيعية للآفات قاطنة التربة

أشارت بعض التقارير إلى أن فطر *Trichoderma harzianum*، وهو من الأعداء الإحيائية لكثير من فطريات التربة والنيماتودا يزداد نموه ونشاطه بدرجة كبيرة بعد عملية التشميس [٢٤]، كما أوضحت بعض الدراسات أيضاً أن بعض الفطريات مثل الأكتينوميسيتات Actinomycetes، وبعض أنواع البكتيريا مثل *Pseudomonas fluorescence* وأنواع أخرى من البكتيريا *Bacillus* spp. - والتي تصيب بعض أنواعها النيماتودا - لها القدرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة أثناء عملية التشميس، وأنها سرعان ما تستعيد نموها ونشاطها بعد انتهاء العملية [١٨، ١٩، ٢٤]. وبالإضافة إلى ذلك فقد أوضحت دراسة أخرى حدوث انخفاض في أعداد فطريات الأكتينوميسيتات أثناء الثلاثين يوماً الأولى من التشميس ثم عودة هذه الأعداد إلى الزيادة مرة أخرى بنسبة ٤٧ - ٦٨٪ بعد ٤٥ يوماً من بدء عملية التشميس [٤٩]. وقد تؤدي عملية التشميس إلى زيادة في أعداد بعض الفطريات مثل الفطر *Aspergillus* وبعض الأنواع البكتيرية من الأعداء الإحيائية لبعض فطريات التربة الممرضة مثل فطر *Fusarium*. وبصفة عامة يبدو أن عملية

التشميس تحث على زيادة نشاط بعض الأعداء الطبيعية للنيماتودا المتطفلة على النبات من الفطريات والبكتيريا التي تعمل على خفض أعداد النيماتودا بالتربة [٢٤].

تأثير عملية تشميس التربة على الخواص الكيميائية للتربة ونمو النبات

تؤدي عملية تغطية التربة الملوثة بالنيماتودا بواسطة الأغطية البلاستيكية أثناء تشميسها إلى زيادة نمو ومحصول النباتات القابلة للإصابة، وذلك من خلال تأثير هذه العملية في زيادة محتوى التربة من الرطوبة والعناصر المعدنية المغذية للنبات إلى الحد الذي يعوض تأثير الضرر الواقع على الجذور بسبب إصابتها بالنيماتودا [٢٤]. وعموماً فقد أوضحت نتائج العديد من الدراسات التي تناولت موضوع تشميس التربة حدوث زيادة معنوية في نمو النباتات وزيادة محصولها في التربة المعاملة بالتشميس مقارنة بتلك المزروعة في تربة غير معاملة بصرف النظر عن كون هذه التربة ملوثة أو غير ملوثة بمسبب مرضي معين. ويعتقد أن السبب في ذلك قد يعود إلى أن عملية التشميس تعمل على تحلل المادة العضوية بالتربة مما يؤدى إلى تحرر كثير من العناصر المعدنية المغذية التي يمتصها النبات وتزيد من نموه، فقد وجد أن التربة المعاملة بالتشميس يزيد محتواها من المواد العضوية المتحللة القابلة للذوبان في الماء وكذلك أيونات بعض العناصر المعدنية المغذية للنبات، حيث ازداد القدر الميسر من الأمونيا والنيتروجين النتراتي والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمنجنيز والماغنسيوم، بينما لم تتأثر أو انخفضت قليلاً نسب بعض العناصر الأخرى مثل الحديد والزنك والنحاس [١٨، ٢٢، ٢٧، ٤٥]. وكما هو معروف فإن أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم تلعب دوراً هاماً في زيادة مقاومة النبات للأمراض والآفات بصفة عامة، كما قد يؤدي تحرر بعض المركبات المتطايرة مثل الأمونيا وثاني أكسيد الكربون إلى تطهير التربة من الآفات [٤٥]. وبالإضافة إلى ذلك، أوضحت بعض الدراسات أيضاً أن تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون السام يزداد تحت أغطية البولي إثيلين بما يعادل ٣٥ مرة من تركيزه تحت التربة غير المغطاة ، علاوة على تراكم بعض الغازات الأخرى التي قد يكون لها تأثير ضار على نشاط الميكروبات والآفات [٢٤].

المميزات والفوائد الإضافية لعملية تشميس التربة

١- سهلة التطبيق، وتتميز بالأمان التام للبيئة والإنسان والحيوان والنبات [٢٤، ٤٤].

٢- تقضي عملية التشميس بنسبة كبيرة على بذور بعض الحشائش التي لا تتأثر بتدخين التربة بالمبيدات المدخنة المعروفة، مثل حشائش الخبيزة والعليق وأبو تيلون. كما تفيد العملية أيضاً في مكافحة بعض الحشائش والنباتات الزهرية المتطفلة الأخرى مثل السعد والهالوك [٣١، ٤٤]. وإن كانت بعض الدراسات قد أكدت على أنه لابد من معاملة التربة بمبيد Ebtam أو أي

مبيد مماثل آخر قبل تغطيتها بالبلاستيك في حالة الرغبة في مكافحة حشيشة السعد على وجه الخصوص [٤١].

٣- لا تقلل عملية التشميس من أعداد عقد بكتيريا العقد الجذرية النافعة المثبتة للنيتروجين التي تكونها بكتيريا الجنس *Sinorhizobium* spp. على النباتات البقولية إلا في المراحل الأولى من نمو المحصول، ثم لا تلبث أن تزداد أعداد هذه العقد معنوياً أثناء موسم النمو، ويحدث الشيء نفسه بالنسبة لفطريات الميكوريزا النافعة للنبات [٢٥، ٣١].

٤- أوضحت نتائج بعض الدراسات بالأردن واليابان أن عملية التشميس كانت فعالة جداً في تخليص التربة من الأملاح الزائدة، كما أوضحت إحدى الدراسات بمصر أيضاً أن تغطية التربة الملحية بالبلاستيك أثناء عملية التشميس قد منع تبخر الماء منها مما أدى إلى خفض نسبة الملوحة بها بمقدار ٣٠ — ٥٠٪ [٢٧، ٤٢].

٥- أفادت عملية تشميس التربة لمدة ٧ — ١٠ أيام في مكافحة حشرات التربس *Thrips palmi* على محاصيل الفلفل الحلو والخيار [٢٧].

٦- في نهاية عملية التشميس يصطبغ البلاستيك الشفاف باللون الأبيض مما يسمح بإمكانية الاستفادة منه عن طريق استخدامه فيما بعد كغطاء للتربة (soil mulch) [٣٧]. وبنفس الطريقة أيضاً يمكن الإبقاء على أغطية البلاستيك السوداء في حال استخدامها لتشميس تربة البيوت المحمية المجهزة لزراعة الخضروات في صورة خطوط وتثقيبها لوضع الشتلات أو البذور بها حسب الحاجة [٦].

السلبيات التي تلازم عملية تشميس التربة

١- لا تظهر فعاليتها إلا في أماكن معينة من العالم، فهي تنجح وتؤتي ثمارها في البلدان ذات الأجواء الحارة والمعتدلة [١، ٢٤، ٣٦، ٣٧، ٣٨، ٤٤]، أما في المناطق الباردة فلا تكفي عملية التشميس لرفع درجة حرارة التربة إلى الحد القاتل للآفات، ولابد من اللجوء إلى بعض وسائل المكافحة التقليدية للمساعدة [٢٣].

٢- يستلزم تطبيقها في الحقول الكبيرة استخدام كميات كبيرة من البلاستيك، إضافة إلى أجور العمال والميكنة مما قد يجعلها غير اقتصادية أحياناً في بعض البلدان، ويقصر استخدامها فقط على المحاصيل ذات الأهمية الاقتصادية المرتفعة [٢٢].

٣- تستلزم ترك الأرض خالية من الزراعة لفترة طويلة تتراوح بين ٢ و ٩ أسابيع، وهو أمر غير مرغوب لدى الكثير من المزارعين [٢٤].

٤- قد تستطيع النيماتودا أن تبقى على قيد الحياة في عمق التربة الذي يلي مباشرة منطقة الحرارة المميتة، ونتيجة لذلك تصبح كفاءتها أعلى بكثير على المحاصيل ذات الجذور

السطحية منها على المحاصيل أو النباتات ذات الجذور المتعمقة [٤٣]، ويحدث الشيء نفسه أيضاً بالنسبة للكائنات المرضة الأخرى [٢٧].

٥- وجدت دراسة واحدة بالأردن أن عملية التشميس باستخدام البلاستيك الشفاف قد أدت إلى القضاء التام على فطر *Glomus mosseae* في العشرة سنتيمترات العلوية من التربة، ويعد هذا الفطر واحداً من فطريات الميكوريزا الداخلية النافعة للنبات [١٠].

٦- أشارت بعض البحوث إلى إمكانية ظهور سلالات نيماتودية جديدة مقاومة للحرارة [٣٠، ٣٦، ٣٧، ٣٨]، وقد اقترحت هذه البحوث لذلك أن تدخل عملية التشميس ضمن برنامج المكافحة المتكاملة [٣٠].

٧- هناك بعض الحشائش التي يصعب مكافحتها بعملية التشميس ومنها على سبيل المثال الرجلة purslane والتفاح البري crabgrass والنجيل والحندقوق [٢٤، ٣٦، ٣٧].

الأثر الباق لعملية تشميس التربة

تعتبر عملية تشميس التربة في أغلب الأحوال من عمليات المكافحة الموسمية مثلها في ذلك مثل معظم عمليات المكافحة الأخرى، فلابد من إعادة استخدامها مع بداية الموسم اللاحق، وذلك لأن أعداد النيماتودا والمسببات المرضية الأخرى التي استهدفت مكافحتها بواسطة عملية التشميس تزداد مرة أخرى مع نهاية الموسم خصوصاً في ظل زراعة الأصناف القابلة للإصابة، وهذا هو ما يحدث تماماً عند استخدام المبيدات النيماتودية أيضاً. وبالرغم من ذلك فقد وجدت بعض البحوث والدراسات أن لعملية تشميس التربة أثراً باقياً طويلاً نسبياً في مكافحة بعض أنواع النيماتودا والفطريات المرضة قاطنة التربة قد يمتد إلى العام التالي [٢٤، ٣٠، ٤١، ٤٧]. كما وجدت إحدى الدراسات الأخرى بجمهورية مصر العربية أن تشميس التربة باستخدام البولي إيثيلين الشفاف لمدة ٧ أسابيع قد أعطى مكافحة فعالة لمرض الذبول الفيوزاريومي على نباتات الطماطم امتد أثرها إلى محصول العام التالي [٢١].

مشكلة التخلص من الأغطية البلاستيكية

تعتبر مشكلة التخلص من الأغطية البلاستيكية بعد انتهاء دورها في عملية التشميس من أكبر المشاكل التي تعيق اللجوء إلى استخدام هذه العملية على المستوى التجاري. بالإضافة إلى أنها تمثل مشكلة تلوث بيئي خطيرة. وفي العادة يتم التخلص من هذه الأغطية بإحدى الطرق التالية: ١- التمزيق، ٢- الحرق، ٣- الإزالة الميكانيكية، ٤-الإزالة ثم التخزين، ٥- التدوير (recycling). وتعتبر تكلفة إزالة البلاستيك مرتفعة حيث قدرها بعض مزارعي الولايات المتحدة بحوالي ٢٤٠دولاراً للهكتار. وقد يلجأ البعض إلى دفن البلاستيك المهترئ بفعل الأشعة فوق البنفسجية في التربة ولو أن هذا غير مرغوب وغير محبذ على الإطلاق. حيث إنه بعد المرة تلو

الأخرى يتراكم البلاستيك الذي لم يتحلل في التربة ويعيق العمليات الزراعية ونمو النباتات، كما يعيق أيضاً عمل الآلات الزراعية. وتعتبر عملية حرق البلاستيك بالحقل أيضاً مجهدة جداً، كما أنه يولد دخاناً ساماً. وهناك حظر على ذلك من هيئات حماية البيئة في العديد من بلدان العالم. والاختيار الثالث هو أن يجمع البلاستيك في أكوام ويحمل على الشاحنات إلى حيث يلقى في مرمى النفايات، أما الاختيار الرابع وهو تخزين البلاستيك لإعادة استخدامه مرة أخرى فإنه يتوقف على توفر مكان للتخزين وهو ما قد لا يتوفر لدى الكثير من المزارعين، ثم تأتي بعد ذلك مشكلة التخلص النهائي منه بعد انتهاء صلاحيته وعدم قدرته على أداء وظيفته [١٥].

استخدام عملية الحرث العميق صيفاً Deep Summer Ploughing لمكافحة نيماتودا حوصلات الحبوب

برهنت عملية تشميس التربة على إمكانية قيامها بدور فاعل في مكافحة نيماتودا حوصلات الحبوب (*Heterodera avenae*) التي تشكل خطراً شديداً على محصولي القمح والشعير بالمملكة العربية السعودية وذلك إذا كانت المساحات المطلوب معاملتها في الحدود التي يمكن فيها استخدام الأغطية البلاستيكية [٤، ٩]. وقد وجدت بعض الدراسات التي أجريت بمنطقة القصيم بالفعل أن عملية تشميس التربة قد قللت معنوياً من إصابة نباتات القمح بنيماتودا حوصلات الحبوب. كما زادت من قدرة هذه النباتات على امتصاص العناصر الكبرى (النيتروجين، الفوسفور، البوتاسيوم)، وكذلك بعض العناصر الصغرى (المنجنيز، الماغنيسيوم، الحديد، النحاس). وقد وجدت هذه الدراسة أيضاً أن هذه التأثيرات الإيجابية لعملية التشميس قد تعاظمت عندما اقترنت العملية مع استخدام بعض وسائل المكافحة الكيميائية أو الإحيائية كالفطر *Verticillium chlamydosporium* [٩].

أما إذا كانت المساحات المطلوب معاملتها كبيرة جداً كأن تكون الإصابة قد شملت كامل الحقل تقريباً بعد سنوات من غياب المكافحة، وتكرار الزراعة المستمرة (monoculture) لمحصول القمح كمحصول وحيد فإن استخدام عملية التشميس عندئذ باستخدام الأغطية البلاستيكية سوف تكون صعبة من الناحية العملية. وهنا يمكننا اللجوء إلى شكل آخر للتشميس عن طريق الحرث العميق صيفاً (deep summer ploughing) وتعريض التربة مباشرة لأشعة الشمس الحارقة في أيام الصيف الشديدة الحرارة. وقد جربت هذه الطريقة في الهند وأتت بثمارها الجيدة [٣٢، ٣٤]. كما نصحنا بها بعض الشركات الزراعية بمنطقة حائل وكذلك بعض المزارعين بمركز شري التابع لمنطقة القصيم في الموسم الزراعي ٢٠٠٠/٢٠٠١م، وكان لها أثر كبير في خفض كثافة النيماتودا بالتربة وزيادة محصول القمح. ويمكن زيادة كفاءة هذه الطريقة بالاستعانة بجرعات صغيرة من مبيد نيماتودي محبب وبعض الأسمدة خاصة الأسمدة النيتروجينية [٣٤] وتجرى العملية كما يلي:

١- تروى الأرض رية خفيفة، ثم تحرث بمحراث تحت التربة مرتين بحيث يكون اتجاه الحرث في المرة الثانية متعامداً على اتجاهه في المرة الأولى، ويكرر هذا الإجراء ٤ – ٦ مرات على فترات زمنية قدرها ٧- ١٠ أيام بين كل حرثة وأخرى، وذلك أثناء أشهر الصيف الحارة (يوليو، وأغسطس).

٢- تضاف الأسمدة البوتاسية والفوسفاتية والدفعة الأولى من السماد النيتروجيني (٤٠ – ٤٥ كجم/هكتار) عند البذار.

٣- تضاف الدفعة الثانية من السماد النيتروجيني (٤٠ – ٤٥ كجم/هكتار) بعد ٣-٤ أسابيع من البذار.

وقد وجد في كثير من التجارب أن التسميد النيتروجيني فقط بحد ذاته يزيد المحصول كما يزيد أيضاً من أعداد النيماتودا [٣٤]، وقد يعود ذلك إلى أن النيتروجين يحسن من نمو الجذور وبالتالي يمنح النيماتودا مساحة أكبر من السطوح الجذرية لإحداث العدوى والتكاثر [١٦، ٣٤]، أما الجمع بين التسميد النيتروجيني والحرث العميق صيفاً فإنه يقلل من أعداد النيماتودا بنسبة ١١ – ٣٣٪، ويزيد من كمية المحصول بنسبة ٣٧ – ١١٧٪ شريطة ألا يقل عدد مرات الحرث أثناء فصل الصيف عن خمس حرثات [٣٤].

ولزيادة كفاءة عملية الحرث في خفض كثافة النيماتودا وزيادة كمية المحصول وجدت بعض الدراسات التي أجريت بالهند أيضاً أن إجراء ثلاث حرثات صيفاً وإضافة مبيد نيماتودي محبب بمعدل ١,٥ كجم مادة فعالة/هكتار عند البذار قد قلل من أعداد نيماتودا الحوصلات بالتربة بنسبة ٩٢,٥٪ وأعطى كمية عالية جداً من المحصول قياساً إلى المحصول بالتربة الملوثة غير المعاملة [٣٢].

ومن عيوب طريقة الحرث العميق بشكل عام سواء استخدمت لمكافحة نيماتودا حوصلات الحبوب أو غيرها من أنواع النيماتودا الأخرى أنه ما لم يستخدم معها مبيد نيماتودي (ولو بجرعات بسيطة) فإن الأطوار الساكنة من النيماتودا قد تستعيد حيويتها ونشاطها مرة أخرى مع نزول المطر أو الري [٢٤]، كما أن تعرية التربة نتيجة للحرث المتكرر تمثل أيضاً مشكلة أخرى قد تفوق في تأثيراتها السلبية مشكلة وجود النيماتودا في حد ذاتها [٣٦، ٣٧، ٣٨].

وعموماً فإن عمليتي تشميس التربة أو الحرث العميق صيفاً يعملان على خفض كثافة النيماتودا وبعض مسببات الأمراض النباتية الأخرى قاطنة التربة إلى حد كبير، ولكنهما لا يقضيان تماماً على تلك الآفات، بل قد لا يمتد أثرهما في بعض الأحيان إلى الموسم الزراعي التالي، ومن ثم فإنه لزيادة فعاليتهما لابد من استخدامهما ضمن إستراتيجية المكافحة المتكاملة والتي تشمل بعض وسائل المكافحة الإضافية الأخرى المعروفة سواء كانت كيميائية أو إحيائية أو طبيعية.

المراجع

[١] الحازمي، أحمد س. ١٩٩٢. مقدمة في نيماتولوجيا النبات. مطابع جامعة الملك سعود. ٣٢٦ صفحة.

[٢] الزيات ، محمد م.، صالح أ. القعيط، خالد ع. الزير وماجد س. الفهيد. مكافحة أمراض وآفات التربة بالطاقة الشمسية. نشرة التوعية والإعلام الزراعي رقم١٦٥، وزارة الزراعة والمياه، الرياض، المملكة العربية السعودية.

[٣] اليحيى، فهد ع. ع. ١٩٩٨. الأجناس النيماتودية الأكثر انتشاراً وضرراً للنباتات في المملكة العربية السعودية خلال الأربعين سنة الماضية (١٩٥٧ – ١٩٩٧): دراسة تقويمية. مجلة الإسكندرية للتبادل العلمي ١٩: ٦٧-٩٢.

[٤] عثمان ، أحمد أ. و مدحت م. بلال . ١٩٩٦. تأثير معاملة التربة بالطاقة الشمسية ومعاملات بقايا المحصول على مكافحة نيماتودا الحويصلات ومحصول الحبوب في القمح في منطقة القصيم. ملخصات اللقاء السنوي السابع عشر للجمعية السعودية لعلوم الحياة عن الموارد الطبيعية الإحيائية في المملكة العربية السعودية. ٢٨-٣٠ مايو ١٩٩٦. بريدة، المملكة العربية السعودية.

[٥] نجيب ، محمد أ. ، مساعد س. الظفر وأحمد ع. الحسن. ١٩٩٧. تأثير التعقيم الشمسي لتربة البيوت المحمية غير المكيفة على بعض أمراض التربة. السجل العلمي للندوة السعودية الأولى للعلوم الزراعية (الزراعة السعودية بين التوسع والترشيد). ٢٥-٢٧/٣/١٩٩٧. الرياض، المملكة العربية السعودية: ٣١١-٣٢٠.

[6] Abu-Gharbieh, W. I. 1990. Use of black plastic for soil solarization and post plant sheeting. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[7] Al-Hazmi, A. S. 1985. Efficacy of selected nematicides and management practices on populations of *Meloidogyne javanica* on Eggplant. J. coll. Agric. King Saud Univ. Vol. 7: 457-466.

[8] Al-Kayssi, A. W., A. A. Karaghouli and A. Hasson. 1990. Influence of different colored plastic mulches used for soil solarization on the effectiveness of soil heating. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[9] Almihanna, A. A. 1999. Impact of biological control and solarization on minimizing the effect of two soil borne pathogens on minerals accumulation of wheat plants (B- *Heterodera avenae*). Egypt. J. Appl. Sci. 14: 11-27.

[10] Al-Raddad, A., W. Al-Momany, W. Abu-Gharbieh and H. Saleh. 1990. Effect of soil solarization on endomycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and *Fusarium*. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[11] Anon. 1999. Nematode control in the garden through solarization. Internet: http://msucares.com/newsletters/pests/infobytes/19990608. htm

[12] Anon. 2003. Soil solarization as an alternative to methyl bromide in California orchards. Internet: http://www.epa.gov/spdpublc/mbr/case studies/volume2/orchsol2.html

[13] Besri, M. 1990. Solarization of agricultural materials for sanitation and control of plant pathogens. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[14] Brown, J. E. 1990. Current limitations to commercial uses for soil solarization. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[15] Brown, R. H. and B. R. Kerry. 1987. Principles and practice of nematode control in crops.

Academic Press. 447 pp.

[16] Clarke, A. D. 1987. Some plastic industry developments, their impact on plastic film for agricultural application. Plasticulture 74: 15-26.

[17] Davis, J. R. 1990. soil solarization: yield and quality benefits for potato in a temperate climate-short and long term effects and integrated control. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[18] DeVay, J. E. 1990. Historical review & principles of soil solarization. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[19] DeVay. J. E. 1990. Use of solarization for control of fungal and bacterial plant pathogens including bio-control. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[20] Elmore, C. L. 1990. Use of solarization for weed control. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[21] El-Zayat, M. M., M. Yousry, F. A. Fadl and M. A. El-Shami. 1990. Monitoring of temperatures and certain available nutrients in solarized soils of the Nile Delta. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[22] Gamliel, A. and J. J. Stapleton. 1993. Characterization of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabage residues. Phytopathology 83: 899-905.

[23] Garibaldi, A. 1990. Use of solarization in marginally suitable climates. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[24] Gaur, H. S. and R. N. Perry. 1991. The use of soil solarization for control of plant-parasitic nematodes. Nematol. Abstrs. 60: 154-167.

[25] Hagan, A. K. and W. S. Gazaway. 2003. Soil solarization for the control of nematodes and soil-borne diseases. Internet: http://www. aces.edu/ department/ipm/soils.htm

[26] Hochmuth, G. J., R. C. Hochmuth and S. M. Olson. 2003. Polyethylene mulching for early vegetable production in North Florida. Internet: http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_CV213

[27] Horiuchi, S. 1990. Solarization for greenhouse crops in Japan. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[28] Ismail, A. E., M. H. Ghali, F. G. Nakhla and H. Z. Aboul-Eid. 1997. Effect of soil solarization by polyethylene sheets on growth of navel orange and control of citrus nematode *Tylenchulus semipenetrans* . Pak. J. Nematol. 15: 71-87.

[29] Jain, R. k. and D. C. Gupta. 1997. Integrated management of root-knot nematode (*Meloidoyne javanica*) through summer ploughing and nematicides in okra. Indian J. Nematol. 26: 121-122.

[30] Lamberti, F. and N. Greco. 1990. Feasibility of soil solarization for control of plant parasitic nematodes. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[31] Linke, K. H., M. C. Saxena, J. Sauerborn and H. Masri. 1990. Effect of soil solarization on the yield of food legumes and on pest control. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[32] Mangat, B. P. S., D. C. Gupta and K. Ram. 1988. Effect of deep summer ploughing singly and in combination with aldicarb and time of application of aldicarb on cyst population of *Heterodera avenae* and subsequent effect on wheat yield. Indian J. Nematol. 18: 345-346.

[33] Mansour, M. and M. Sultan. 1990. Economic assessnent of the long term effects of soil solarization in Beni Suef. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[34] Mathur, B. N., G. Swarup, G. L. Sharma and D. K. Handa. 1991. Effect of summer ploughings and nitrogenous fertilizers on the cereal cyst nematode, *Heterodera avenae* and yield of wheat. Afro-Asian J. Nematol. 1: 108-111.

[35] McSorley, R. and J. McGovern. 2000. Effects of solarization and ammonium amendments on plant-parasitic nematodes. Suppl. to The J. Nematol. 32: 537-541.

[36] Noling, J. W. 2003. Nematodes and their management. Internet: http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_CV112

[37] Noling, J. W. 2003. Nematode management in commercial vegetable production. Internet: http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_NG004

[38] Noling, J. W. 2003. Nematode management in tomatoes, peppers and eggplant. Internet: http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_NG032

[39] Olson, S. M. 2003. Mulching. Internet: http://edis.ifas.edu/ BODY_CV 105

[40] Saleh, H. M., Abu-Gharbieh, W. I. And L. Al-Banna. 1990. Augmentation of solarization effects by application of solar-heated water. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[41] Satour, M. M. 1990. Soil solarization for small farms and intensive cropping systems. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[42] Satour, M. M., E. M. El-Sherif, L. El-Ghareeb, S. A. El-Hadad and H. R. El-Wakil. 1990. Achievements of soil solarization in Egypt. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[43] Sharma, S. B. and Y. L. Nene. 1990. Effect of soil solarization on nematodes parasitic to chickpea and pigeonpea. Suppl. To The J. Nematol. 22: 658-664.

[44] Sikora, E., A. Hagan, J. Kemble, and W. Gazaway. 2000. Nematode control in the home vegetable garden. Internet: http://maucares. com/pubs. publications/pub483htm

[45] Stapleton, J. J. 1990. Thermal inactivation of crop pests and pathogens and other soil changes caused by solarization.The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[46] Stapleton, J. J., L. Ferguson, M. V. McKenry, D. S. Dougherty and S. C. Stapleton. 1999. Using solarization to disinfect soil for olive nursery production. Acta Hort. 474: 589-591.

[47] Stevens, C., V. A. Khan, A. Y. Tang, C. Bonsi and M. A. Wilson. 1989. Long-term effect of soil solarization on controlling root-knot nematodes in vegetables. Phytopathology 79: 1177.

[48] Tjamos, E. C. 1990. Post-plant application of soil solarization for tree crops. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.

[49] Zaid, A. M., W. Ismail, A. Khader and M. Mayof. 1990. Control of soil born pathogens with soil solarization in the northern region of Libyan Jamahiriya. Abstracts of The First International Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman, Jordan.