٣- المكافحة الكيميائية (المبيدات النيماتودية) Chemical control

يقصد بالمكافحة الكيميائية للنيماتودا استعمال مركبات كيميائية تعرف بالمبيدات النيماتودية Nematicides لمكافحة نيماتودا النبات، سواء الموجودة في التربة أو داخل أنسجة النبات. وبالرغم من أن مكافحة النيماتودا بالمبيدات النيماتودية تعتبر من أنجح الطرق وأكثرها استعمالاً في الوقت الحاضر، إلا أن استعمالها لا يمكن أن يحل تماماً محل استعمال الأصناف المقاومة والدورة الزراعية، ولكنها تعتبر البديل الأفضل إذا لم تتوافر أصناف مقاومة، أو لم تكن الدورة الزراعية ممكنة وذات جدوى اقتصادية.

لقد كان لاكتشاف قدرة كل من مبيد D-D عام ١٩٤٣م، ومبيد EDB عام ١٩٤٥م، في مكافحة النيماتودا في الحقول المفتوحة بعد تدخينها soil fumigation بهذين المبيدين أثر كبير في تطور علم نيماتودا النبات بصورة عامة، وفي تطور المكافحة الكيميائية بصورة خاصة. فقد أوضحت نتائج التجارب الأولية – لاستعمال هذين المبيدين- قدرتهما على مكافحة النيماتودا تحت ظروف الحقل بشكل اقتصادي وبكفاءة عالية، كما لفتت الانتباه إلى الأضرار الجسيمة التي تسببها بعض نيماتودا النبات – خاصة نيماتودا تعقد الجذور – على المحاصيل المختلفة. وقد بدأ استعمال المبيدات النيماتودية بشكل تجاري محدود في حوالي عام ١٩٤٥م ثم ازداد – ولكن بمعدل بطيء – خلال السنوات الأولى، إلا أنه انتشر على نطاق واسع، وازداد بسرعة كبيرة خلال العقدين الأخيرين من القرن الماضي اللذين صاحبهما الكثير من تطوير صناعة المبيدات النيماتودية، وإنتاج أنواع جديدة منها كالمبيدات غير المدخنة، وكذلك تطوير طرق استخدام المبيدات النيماتودية. وتحتل الآن صناعة المبيدات النيماتودية مركزاً كبيراً في صناعة مبيدات الآفات تصل إلى عدة بلايين من الدولارات.

تستعمل المبيدات النيماتودية عادة في معاملة التربة، ولكن هناك القليل منها (اثنان حتى الآن) يمكن استعماله رشًّا على النموات الخضرية للنبات. كما أن بعض

هذه المبيدات (المبيدات غير المدخنة) تعتبر مبيدات جهازية systemic، تمتص بواسطة الجذور وتنتقل داخل النبات إلى الأعلى upward systemic، ولذلك فإن استخدامها في معاملة التربة وسيلة أخرى لمكافحة بعض أنواع نيماتودا المجموع الخضري.

ومن أهم مميزات المبيدات النيماتودية قدرتها على خفض كثافة النيماتودا في التربة إلى مستوى منخفض خلال فترة قصيرة، مما يسمح بوقاية البادرات الصغيرة الحساسة من الإصابة المبكرة. كما أن بعض هذه المبيدات متعدد الأغراض، فهي بالإضافة إلى مكافحة النيماتودا تكافح الحشرات، والفطريات، والبكتريا وكذلك الحشائش. ولعل من أهم عيوبها أن استخدام بعضها يتطلب خبرة فنية وأدوات وآلات خاصة، بالإضافة إلى احتمال تلوث البيئة وحالات التسمم، كما أنها مرتفعة السعر نسبيًّا.

وقد اتضح في بداية استعمال المبيدات النيماتودية أنها لا تستطيع القضاء على جميع أعداد النيماتودا في التربة، وان محاولة القضاء التام عليها بزيادة كمية المبيد المستعمل، أو تكرار استخدامه عملية غير اقتصادية ولها آثار بيئية ضارة. وتحسب كمية المبيد التي ينصح بها بحيث تعطي أكبر عائد اقتصادي ممكن من المحصول، سواء من حيث كمية المحصول أو نوعيته، وعمومًا يتوقع عند استعمال المبيد النيماتودي أن تكون الزيادة في قيمة المحصول بمقدار ثلاث إلى أربع مرات من تكاليف استعمال المبيد، وإلا اعتبرت عملية المكافحة الكيميائية غير اقتصادية.

أنواع المبيدات النيماتودية

تختلف المبيدات النيماتودية في نشاطها الكيميائي والحيوي، وكذلك في سلوكها في التربة. وعموماً تقسم المبيدات النيماتوديةحسب سلوكها في التربة إلى نوعين رئيسين (انظر الجدول رقم ٦):

أ) المبيدات المدخنة (مدخنات التربة) Fumigant nematicides

وهي أوائل المبيدات النيماتودية التي استخدمت، وهي في معظمها هيدروكربونات هالوجينية halogenated hydrocarbons (يدخل في تركيبها الكلور والبروم) على شكل سوائل قابلة للتطاير، والقليل منها غازات. تستعمل في تدخين التربة soil fumigation، ولذلك تسمى أحياناً بمدخنات التربة soil fumigants . تحقن هذه المبيدات تحت سطح التربة فتتحول إلى الحالة الغازية على شكل أبخرة fumes سامة تتحرك خلال الفراغات الهوائية بين حبيبات التربة، ولكي تصل إلى النيماتودا وتقتلها لابد أيضاً من اختراقها للأغشية المائية المحيطة بالنيماتودا.

وتعتبر المبيدات المدخنة ذات كفاءة عالية في خفض كثافة النيماتودا في التربة، إذ تتراوح هذه الكفاءة ما بين ٥٠ إلى ٩٠٪ . كما أن لبعض المدخنات تأثيراً بيولوجياً واسعًا، إذ يمكنها القضاء أيضًا على الفطريات والبكتريا والحشرات وبذور الحشائش وغيرها من أحياء التربة، ولذا تعتبر عملية تدخين التربة عملية متعددة الأغراض أشبه بعملية تعقيم للتربة.

تعتبر جميع مدخنات التربة المستعملة حاليًّا في مكافحة النيماتودا سامة للنبات phytotoxic، ولذلك يجب استعمالها في التربة قبل الزراعة بفترة لا تقل عن أسبوعين أو ثلاثة، وتزداد فترة الانتظار هذه waiting period في حالة الترب الطينية الغدقة، أو عند درجات الحرارة المنخفضة. كما يجب خلال فترة الانتظار أن تتم تهوية التربة جيِّداً للتخلص من بقايا الأبخرة السامة.

وقد اتضح لاحقاً أن بعض هذه المبيدات المدخنة ذات تأثيرات بيئية ضارة، خاصة في تلويث المياه الجوفية، أو إلحاق بعض الأضرار لعمال المصانع المنتجة لها. ولذلك فقد منع استخدام عدد من هذه المبيدات مثل مبيدات DBCP, D-D, EDB، كما

وضـع مبيد 1,3 D تـحت الـمراقبة الدقيقـة في السـنوات القليلـة الماضـية (انظر الجـدول رقم ١٢).

ب) المبيدات غير المدخنة Non-fumigant nematicides

أدى البحـث عـن مبيـدات جهـازية حشـرية جـديدة إلى اكتشـاف عـدة مركبـات فسـفورية عضـوية Organophosphates وكربماتيـة Organocarbamates ذات فعالية عالية ضد النيماتودا، يمكن استعمالها كمبيدات نيماتودية سواء في التربة أو على أنسجة النبات. وبدأ إنتاج واستعمال هـذه المبيـدات غـير المدخنـة بشـكل تجـاري حـوالي عام ١٩٧٠م، ولهذا فهي تعتبر أحدث من المبيدات المدخنة.

والمبيـدات غـير المدخنـة مركبـات غـير قابلـة للتطـاير، تبـاع علـى شـكل حبيبـات granules، أو على شكل مستحلبات سـائلة emulsifiable liquids يمكـن اسـتعمالها رشًّـا على النموات الخضرية للنبات أو على سطح التربـة. وينصـح عنـد اسـتعمالها أن تـوزع على سطح التربة ثم تخلط جيّدًا مع الطبقـة السـطحية للتربـة، وأحيانـاً بخلطهـا مـع ميـاه الري. ويتم انتشارها في التربة بواسطة حركـة مـاء التربـة، ويتركـز نشـاطها حـول منطقـة الجذور rhizosphere وبالقرب من سطح التربة.

وتتميز المبيدات غير المدخنة بأنها غير سـامة للنبـات عنـد التراكيـز المنصـوح بهـا، ولكنهـا ذات سميـة عاليـة للثـدييات إذا لم تسـتعمل بحيطـة وحـذر. والـمبيدات غـير المدخنـة- بعكـس المـدخنات – لهـا تـأثير فعَّـال عنـد التراكيـز المنخفضـة، كمـا أن مـدى تأثيرها البيولوجي أضيق، إلا أن الكثير منها يعتبر أيضًـا مبيـدًا حشـريًّا insecticide. وقـد لا تستطيع المبيدات غير المدخنة قتل النيماتودا مباشرة عند التراكيز المنصوح بها (كما في المدخنات)، ولكنها تسبب تخديراً وخللاً في سلوك النيماتودا تحـد مـن نشـاطها التطفلـي وقدرتها على "التركيز".

الجدول رقم (١٢). أنواع المبيدات النيماتودية سابقًا أو حاليا.

الاسم الشائع Comman name	الاسم (الأسماء) التجارية Trade name (s)	شكل المستحضر Formulation	ملاحظات
أولاً: المبيدات المدخنة Fumigants			
١- هيدروكربونات هالوجينية:			
Carbon tetra- thiocarbonate	Enzone	سائل قابل للتطاير	
Chloropicrin	Chlor-o-pic Larvacide, Picfum	سائل قابل للتطاير	غالباً لا يستخدم حالياً وحدة، وإنما مخلوطاً مع غيره من المبيدات الأخرى مثل مبيد 1,3-D ويسمى هذا المخلوط تجارياً Telone C-17
1,3-D	Telonell, Telone	سائل قابل للتطاير	
Methyl beomide	Ebafumel, Bronze Duwfume MC 24 MC 33, Meth-o-gas	غاز مضغوط	منع من الاستخدام في الدول المتقدمة، وفي الدول النامية في عام ٢٠٠٥م، أما باقي الدول الأخرى فسيتم منعه في عام ٢٠١٥م.
D-D mixture	Shell D-D, Vidden-D	سائل قابل للتطاير	منع من الاستخدام والاشباح بعد مارس ١٩٨٤م
Ethylene dibromide (EDB)	Soibrom, Dowfume W-40, Dowfume-85, Terrafume	سائل قابل للتطاير	منع استخدامه كمدخن للتربة في ٣٠مارس ١٩٨٣م
DBCP	Nemagon, Fumazone	سائل قابل للتطاير	منع استخدامه منذ ١٩٧٧م، ونهائياً ١٩٨١م
٢- مولدات الميل – ايزوسيانيت (MIT Liberators)			
Methyl isothio- Cyanate (MIT)	Trapex	سائل قابل للتطاير	

تابع الجدول رقم (١٢).

الاسم الشائع Comman name	الاسم (الأسماء) التجارية Trade name (s)	شكل المستحضر Formulation	ملاحظات
Metham-sodium	Vapam, Busan, Sistan	سائل قابل للتطاير	
Dazomet	Carbathion Basamid, Mylone	مسحوق قابل للبلل	
ثانياً: المبيدات غير المدخنة Non-Fumigants:			
١- فسفورية عضوية Organophesphetes:			
Fensulfthion	Dasanit, Terracur P,	محبب ، وسائل	**منع** استخدامه
Fensulphthion	Terracur	محبب ، وسائل	
Phenamiphos (Fenamiphos)	Nemacur		
Terbufos	Counter		
Ethoprophos (Ethoprop)	Mocap, Prophos	محبب محبب ، وسائل	
Isazophos (Isazofos)	Miral		
Thionazin	Nemaphos, Zinophos	محبب، وسائل	
Ehufos (Cadusafos)	Cynem	محبب، وسائل	
Disulphoton	Rugby Di-Syston		
Phorate	Thimet	محبب	
Diamidafos	Nellite		
Dichlofenthion	Hexanema Acconem, Nem – a-Tak, geofos	محبب، وسائل	
Fosthietan			
٢- كرمانية Carbamates			
Aldicarb	Temik	محبب	
Aidoxycarb	Standak	مائع (Flawable)	
Carbofuran	Furadan, Curaterr.	محبب، ومائع	
Oxamyl	Furadon, Yaltox		
Cloethocarb	Vydate, Examyl	محبب، وسائل	
	Lance	محبب	

❖ يضم هذا الجدول بعض المبيدات التي منع استخدمها، وذلك للعلم فقط وللانتباه خشية تسربها إلى الأسواق المحلية.

تعتبر معظم المبيدات غير المدخنة المستعملة حاليًا (ما عدا Ethoprop) مبيدات جهازية systemic ، تُمتص أساسًا بواسطة جذور النبات من التربة ، وتتوزع في أنسجة النبات إلى الأعلى upward movement (apoplastic) ، واثنان منها فقط ، هما أوكساميل Oxamyl وبدرجة أقل فينـاميفوس Fenamiphos ، يعتبران مبيدات جهازية تنتقل من النموات الخضرية إلى الأسفل downward movement (symplastic) ، ولذلك يمكن أن يستعملا رشًا على النموات الخضرية للنبات ، وخاصة الأول منهما. تصل المبيدات الجهازية إلى النيماتودا عن طريق تغذيتها على أنسجة النبات systemic action ، وأيضًا عن طريق ملامستها للمبيد contact action ، سواء وجدت النيماتودا في داخل أنسجة النبات أو في التربة المحيطة ، وذلك عن طريق إفرازات الجذور المحتوية على المبيد الجهازي. ولذلك فإن تقسيم المبيدات النيماتودية غير المدخنة إلى مبيدات بالملامسة contact nematicides ومبيدات جهازية systemic nematicides ، كما في بعض المراجع ، تقسيم محدود وغير واضح.

وهناك بعض المركبات الأخرى التي وجد أن لها تأثيرات ضد النيماتودا ، ولكنها لا تزال تحت التجارب والتقويم لمعرفة نشاطها وكفاءتها كمبيدات نيماتدودية. ومن أهمها مركبات المضاد الحيوي Avermectines ، وهو مضاد حيوي معروف في مجال مكافحة الحشرات ، تم عزله من أحد كائنات التربة *Streptomyces avermitilis* ، وأوضحت التجارب الأولية أن له تأثيراً مشجعًا في خفض كثافة نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* على الطماطم والتبغ.

اختيار المبيد المناسب

يجب أن نشير في البداية ، وكما ذكرنا سابقاً ، إلى أن المكافحة الكيميائية للنيماتودا لا تحل تمامًا محل استعمال الأصناف المقاومة أو اتباع الدورة

الزراعية، لكنها تعتبر طريقة ناجحة وبديلاً مفضلاً إذا لم تتوافر أصناف مقاومة، أو لم تكن الدورة الزراعية ممكنة أو ذات جدوى اقتصادية.

ويعتمد اختيار المبيد المناسب على الكثير من العوامل، ولعل من أهمها:

أ) القيمة الاقتصادية للمحصول المراد زراعته: تعتبر المبيدات النيماتودية - وخاصة المدخنات – مرتفعة الثمن نسبيًّا، ولهذا يجب أن يكون المحصول المطلوب وقايته ذا قيمة اقتصادية عالية، وإلا أصبحت عملية المكافحة الكيميائية غير اقتصادية. وبعد اكتشاف المبيدات غير المدخنة انتشر استعمالها على كثير من المحاصيل، وذلك لانخفاض ثمنها مقارنة بالمدخنات، ولسهولة استعمالها بالرغم من أن كفاءتها في المكافحة أقل من المدخنات التي انحصر استعمالها على المحاصيل ذات القيمة الاقتصادية العالية، وفي البيوت المحمية والمشاتل.

ب) تأثير المبيد على نوع المحصول والنيماتودا: هناك عدد من المبيدات غير المدخنة تعتبر سامة أو ذات تأثيرات سلبية (في الطعم والشكل ...) بصفة خاصة على محاصيل معينة دون غيرها، ولذلك يجب تجنبها عند معاملة مثل هذه المحاصيل. وبالرغم من أن المبيدات النيماتودية مبيدات غير متخصصة بصورة عامة، إلا أن الأبحاث الأخيرة أوضحت أن بعض هذه المبيدات أكثر فعالية على بعض أنواع النيماتودا دون الأخرى، كما أن مكافحة بعض أنواع النيماتودا كيميائيًّا أكثر صعوبة من غيرها، ولذلك تحتاج إلى تركيزات أعلى من مبيدات معينة.

ج) مكافحة الآفات الأخرى: إذا كانت تربة الحقل موبوءة أيضًا بآفات أخرى –كالحشائش والفطريات والحشرات – فيفضل عادة تدخينها بأحد مدخنات التربة ذات المجال البيولوجي الواسع مثل بروميد الميثايل.

د) التأثيرات البيئية للمبيدات: يجب دائماً الأخذ بعين الاعتبار مدى التأثيرات البيئية الضارة للمبيد عند اختياره، فقد اتضح مؤخراً أن كثيراً من المبيدات المدخنة ذات تأثيرات بيئية ضارة، خاصة على المياه الجوفية، وعلى عمال المصانع المنتجة لها، ولذلك تم إيقاف تصنيعها واستعمالها . كما اتضح أن بعض المبيدات غير المدخنة، خاصة الكربماتية مثل مبيد الالديكارب Aidicarb ، تترك متبقيات ضارة في التربة، ولذلك منع استخدام الالديكارب في بعض الدول كالمملكة العربية السعودية، أو على الأقل وضع تحت المراقبة في دول أخرى.

وعموماً يجب دائماً قراءة التعليمات على عبوة المبيد قراءة جيدة، خاصة تلك التي توضح مجال تأثيره وكيفية استخدامه والاحتياطات المطلوبة. ويلاحظ أن معظم المبيدات النيماتودية تقع ضمن مجموعة المبيدات محددة الاستعمال restriced use .

العوامل المؤثرة في كفاءة المبيد في التربة

تعيش النيماتودا بين حبيبات التربة محاطة بغشاء رقيق من الماء، ولكي يكون المبيد فعَّالاً في الوصول إليها ومكافحتها، فلا بدَّ أن يتخلل المبيد التربة ويتحرك من خلال المسامات البينية لها، وكذلك لابدَّ أن يخترق الأغشية المائية المحيطة بالنيماتودا ليكون في اتصال in contact مع النيماتودا. وبالرغم من أن المبيدات القابلة للذوبان في الماء جيّدًا تستطيع اختراق هذه الأغشية المائية بكفاءة، إلا أنها ذات كفاءة منخفضة في الانتشار في التربة. والواقع أن الانتشار السريع للمبيد في التربة يتم في الصورة الغازية وليس مجرد الذوبان في ماء التربة، ولهذا نجد أن كثيراً من المركبات الكيميائية السامة

للنيماتودا تفشل كمبيدات نيماتودية ناجحة، وذلك بسبب أن انتشارها واختراقها للتربة محدودان، أو لما يطرأ عليها من تحلل وتثبيط في التربة.

وتتأثر درجة فعالية المبيدات المدخنة (القابلة للتطاير) في التربة وعملية تدخين التربة بعدد من العوامل كما يلي:

أ) نوع التربة Soil texture (type) : يؤثر نوع التربة تأثيراً كبيراً على مدى انتشار المركبات القابلة للتطاير، فحبيبات الطين والمادة العضوية مثلاً تدمص جزءًا كبيراً من هذه المركبات فتخفض من كفاءتها وانتشارها. كما أن المسامات البينية الضيقة في التربة الطينية تشكل حاجزاً في مسار أبخرة المبيد في التربة، وتعمل على عدم انتشارها، خاصة إذا كانت التربة غدقة. أما في التربة الرملية فالانتشار سهل، ولكن لابدَّ من الاحتياطات ومنع فقد الأبخرة إلى الجو. وبصورة عامة يعتبر تدخين التربة التي تحتوي على أكثر من ٢٥٪ طيناً أكثر صعوبة من تلك التي تحتوي على نسبة أقل من الطين.

ب) تجهيز التربة Soil preparation : يجب أن تجهز التربة جيّدًا قبل عملية التدخين، وذلك بحرثها حرثاً جيّدًا إلى العمق المناسب، وتسويتها، وكذلك إزالة الكتل الكبيرة وبقايا النباتات السابقة.

ج) درجة رطوبة وحرارة التربة Soil moisture and temperature : وهما عاملان مهمان، خاصة في الترب الطينية والرملية جدًّا. وبصورة عامة تنجح عملية التدخين وتزيد كفاءتها عند درجة حرارة ١٨ -٢٤مْ ورطوبة معتدلة (أقل من السعة الحقلية)، وتقل كفاءتها كثيراً في حالة الترب الطينية الغدقة الباردة.

العمق المطلوب للمعاملة Application depth : يعتمد العمق المطلوب لعملية التدخين على كثير من العوامل منها: نوع التربة، والحرارة، والرطوبة، والضغط البخاري للمبيد وتركيزه، ونوع النيماتودا، وكذلك عمق المكافحة المطلوبة. وبصورة عامة يعتبر العمق من ٢٠-٢٥ سم كافيًّا تحت الظروف المثلى وعند استعمال الحدود الدنيا لمعدل استخدام المبيد. وعند زيادة تركيز المبيد أو استعماله في معاملة الخطوط row treatment يجب زيادة العمق إلى حوالي ٣٠-٣٦سم.

هـ) معدل استخدام المبيد Application rate (dosage) : يعتمد معدل (تركيز) استخدام المبيد أيضاً على عدة عوامل منها: نوع المبيد المستخدم، ونوع التربة ومحتواها من المادة العضوية، ونوع النيماتودا المطلوب مكافحتها، وكذلك المحصول الذي سيزرع.

وتتطلب معاملة التربة الرملية كمية أقل من المبيد مقارنة بالتربة الطينية أو العضوية، كما أن معاملة التربة التي ستزرع بمحاصيل حولية تتطلب كمية أقل من المبيد مقارنة بتلك التي ستزرع بأشجار أو شجيرات معمرة. وعادة تتراوح فترة المكافحة control period المطلوبة للحصول على نمو جيّد للمحاصيل الحولية بين ٦ -٨ أسابيع، أما في المحاصيل المعمرة فدرجة المكافحة يجب أن تكون عالية للحصول على بداية نمو جيَّد وقوي لهذه المحاصيل قبل حدوث إصابتها مرة أخرى بالنيماتودا . ويجب دائماً اتباع التعليمات الموجودة على عبوة المبيد، وخاصة فيما يتعلق بكمية المبيد المصرح بها لكل نوع من المحاصيل، ويجب عدم زيادة هذه الكمية تحت أي ظرف من الظروف، فالزيادة قد تؤدّي إلى نتائج عكسية وتضر بالمحصول والبيئة.

و) تغطية سطح التربة بعـد التـدخين Sealing of soil surface : ينصح عادة باستخدام أغطية بلاستيكية لتغطية سطح التربة عند التدخين بالمبيدات عالية القابليـة للتطـاير (ذات الضـغط البخـاري العـالي)، مثـل بروميـد الميثايـل والكلـوروبكرين، وذلـك بغـض النظـر عـن نـوع التربـة، ودرجـة الحـرارة، والرطوبة، أو مدى تجهيز التربة. والهدف من التغطية منع تصاعد الأبخرة إلى الجو، وكذلك التوزيع المنتظم وزيادة انتشار الأبخرة في أعماق التربة. وتزال الأغطية بعد بضعة أيام، ويجب أن تتم تهوية التربة جيّدًا خلال فترة الانتظار قبل زراعة المحصول. وقد لا يكون ضروريًّا تغطية التربة بأغطية بلاستيكية عند اسـتخدام المبيدات المنخفضة التطاير (منخفضة الضغط البخاري) مثل مبيد 1,3 D، وإنما يجب ضغط سطح التربة بإحدى الآلات المناسبة مباشرة بعد عملية وضع المبيد في التربة.