الفصل السابع

النيماتودا ومكافحتها

تنتمى النيماتودا إلى المملكة الحيوانية ، وهى من الآفات التى يمكن أن تسبب أضرارا للنباتات . ويعتبرها الكثيرون - من المتخصصين فى أمراض النبات - من مسببات الأمراض .

ويطلق على النيماتودا النباتية Plant Nematodes (التى تصيب النباتات) اسم الديدان الثعبانية eelworms ؛ وهى ديدان خيطية صغيرة تصعب رؤيتها بالعين المجردة ، ويعرف منها نحو ألف نوع يتطفل على النباتات .

دورة حياة النيماتودا

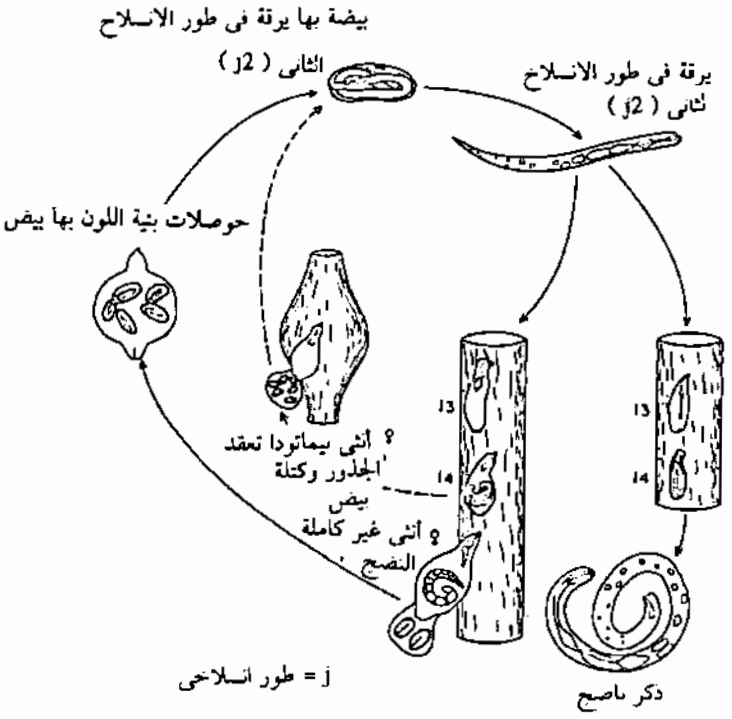
تشترك جميع أنواع النيماتودا فى أن لها دورة حياة واحدة بسيطة تبدأ بالبيضة المخصبة المحتوية على الزيجوت . ومع انقسام الزيجوت يبدأ الجنين فى التكون ؛ حيث يصل إلى الطور اليرقى الأول الذى ينسلخ داخل البيضة ، معطيا الطور اليرقى الثانى . بعد ذلك يفقس البيض ويخرج منه الطور اليرقى الثانى الذى يبحث عن العائل ليبدأ فى التغذية . تلى ذلك ثلاثة انسلاخات متتالية ، معطية الطور اليرقى الثالث ، فالطور اليرقى الرابع ، ثم الطور البالغ ؛ ذكرا كان أم أنثى .

ولا تختلف اليرقات - من حيث الشكل - عن الطور الكامل إلا فى عدم اكتمال الأجهزة التناسلية ، وعدم وجود الفتحة التناسلية . ومع نضج الأنثى فإنها تعطى بيضا جديدا لتبدأ دورة حياة جديدة .

هذا . . وتستغرق دورة حياة عديد من أنواع النيماتودا نحو أربعة أسابيع تحت

الظروف البيئية المناسبة . وتطول مدة الدورة عن ذلك عندما لا تكون الظروف البيئية مناسبة ، أو عند عدم توافق النيماتودا مع العائل .

ويبين شكل (٧ - ١) دورة حياة نيماتودا تعقد الجذور ونيماتودا الحوصلات .

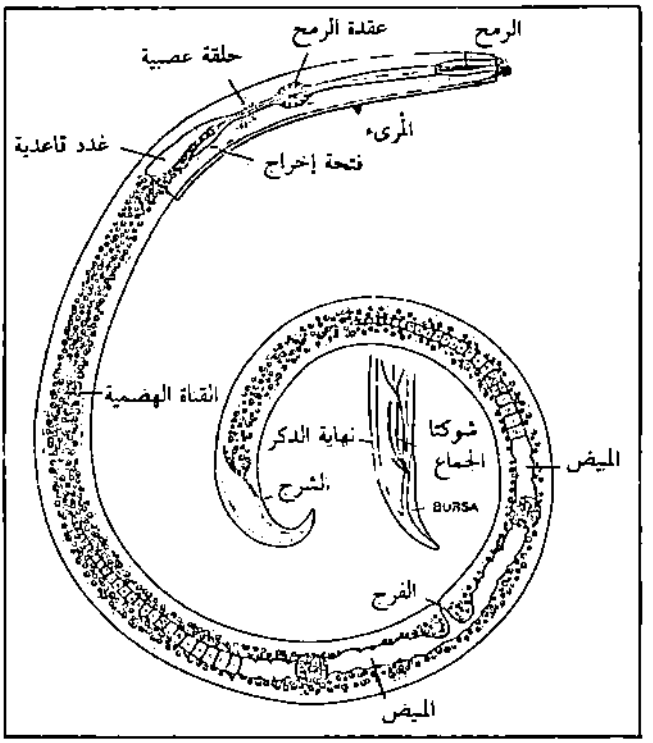


شكل (٧ - ١) : دورة حياة نيماتودا تعقد الجذور ونيماتودا الحوصلات (عن Mckenry & Roberts ١٩٨٥) .

الوصف المورفولوجى العام للنيماتودا

تتشابه معظم أنواع النيماتودا - إلى حد كبير - فى صفاتها العامة ، سواء أكانت من المتطفلات الحيوانية ، أم من المتطفلات النباتية Phytoparasitic ؛ فجميعها ديدان أسطوانية كما تظهر فى شكل (٧ - ٢) .

وأهم ما يميز النيماتودا الممرضة للنبات وجود رمح (أو حربة) stylet ، عبارة عن أنبوبة مدببة ومجوفة تظهر فى الفراغ الفمى وتتصل بالمرئ ، ولها قاعدة عضلية بصيلية



شكل (٧ - ٢) الشكل العام للنيماتودا (عن Mckenry & Roberts ١٩٨٥) .

هى التى تتحكم فى دفع الرمح خارجيا فى الأنسجة النباتية للتغذية عليها ، أو سحبه داخليا فى الفراغ الفمى .

تحقن النيماتودا الإنزيمات الهاضمة من غدد المرئ ، وتمتص المكونات المهضومة جزئيا من الخلايا المهاجمة . وتؤدى الإصابة ببعض أنواع النيماتودا إلى تكوين خلايا عملاقة تعمل كمخزن غنى بالغذاء ، تحصل منه النيماتودا على غذائها .

تقسيم النيماتودا التى تعيش فى التربة حسب طبيعة تغذيتها

تقسم النيماتودا التى تعيش فى التربة إلى ثلاث فئات حسب طبيعة تغذيتها كالتالى :

١ - نيماتودا مترممة Saprophytic Nematodes :

تتغذى النيماتودا المترممة على المواد العضوية المتحللة ، وما يوجد فى محاليل التربة من كائنات دقيقة . ومن أمثلتها الجنس Rhabditis .

٢ - نيماتودا مفترسة Predaceous Nematodes :

تتغذى النيماتودا المفترسة على الحيوانات الدقيقة التى تعيش فى التربة ، بما فى ذلك النيماتودا أيضا . ومن أمثلتها الجنس Mononchus .

٣ - نيماتودا متطفلة على النبات Plant Parasitic Nematodes :

وتقسم النيماتودا المتطفلة على النبات إلى الأقسام التالية :

أ - نيماتودا متطفلة على الفطريات ؛ ومن أمثلتها الجنس Aphelenchus .

ب - نيماتودا متطفلة على الطحالب ؛ ومن أمثلتها الجنس Dorylaimus .

جـ - نيماتودا متطفلة على النباتات الراقية . وتنقسم بدورها حسب طريقة تغذيتها إلى :

(١) متطفلات على المجموع الخضرى من أوراق ، وسيقان ، وبراعم ، وأزهار ، كما فى أجناس Anguina و Aphelenchoides .

(٢) متطفلات على المجموع الجذرى ، وهذه تنقسم بدورها إلى

(أ) متطفلات خارجية Ectoparasites :

وهى التى تتغذى على جذور العائل من الخارج بإرسالها للرمح الذى يمتص العصارة . ومن أمثلتها الجنس Xiphinema .

(ب) متطفلات داخلية Endoparasites :

وهى التى تتغذى على نسيج العائل بعد أن تخترقه تماما . ومن أمثلتها الجنس Meloidogyne .

(جـ) متطفلات شبه داخلية Semi-endoparasites :

وهى التى تتغذى على نسيج العائل بعد أن يخترق جزءٌ كبير من مقدمتها نسيجَ الجذر . ومن أمثلتها الجنس Rotylenchulus .

أجناس وأنواع النيماتودا المتطفلة على النباتات وعوائلها الهامة

تقسم الأنواع النيماتودية التى تصيب النباتات كما يلى :

أولا : نيماتودا الحوصلات

تنتمى جميع أنواع نيماتودا الحوصلات Cyst Forming Nematodes الهامة إلى جنس واحد ، هو الجنس Heterodera . تكوّن هذه النيماتودا حوصلات تغطى البيض ، ومن أهم أنواعها ما يلى :

النوع	الاسم العادى	أهم العوائل
H avenae	نيماتودا الشوفان Oat Nematode	الحبوب الصغيرة ، والذرة ، ومختلف النجيليات
H. carotae	نيماتودا جذور الجزر Carrot Root Nematode	الجزر
H cruciferae	نيماتودا جذور الكرنب Cabbage Root Nematode	الكرنب وغيره من الصليبيات الأخرى
H glycines	نيماتودا فول الصويا Soybean Cyst Nematode	فول الصويا
H gottingiana	نيماتودا جذور البسلة Pea Root Nematode	البسلة
H humuli	نيماتودا حشيشة الدينار Hop Nematode	حشيشة الدينار والقنب hemp
H punctata	نيماتودا النجيليات Grass Cyst Nematode	القمح وغيره من الحبوب الصغيرة
H rostochiensis*	النيماتودا الذهبية Golden Nematode	البطاطس ، والطماطم ، والباذنجان
H schachtii	نيماتودا بنجر السكر Sugar Beet Nematode	الصليبيات ، والكرفس ، والسبانخ ، وبنجر السكر
H tabacum	نيماتودا التبغ Tobacco Cyst Nematode	التبغ والطماطم
H trifolii	نيماتودا جذور البرسيم Clover Root Nematode	البرسيم والبقوليات
H weissi	نيماتودا عصا الراعى Knotweed Nematode	البطاط (أو عصا الراعى)

* أصبحت النيماتودا الذهبية تنتمى - حاليا - إلى النوعين Globodera rostochiensis ، و G. pallida (أو نيماتودا البطاطس المكونة للحوصلات) .

ثانيا : النيماتودا الداخلية التطفل

تصيب جميع أنواع النيماتودا الداخلية التطفل Endoparasitic Nematodes جذور النباتات ؛ وهى إما أن تدخل الجذور كلية ، وإما أن تبقى على اتصال بها بصورة دائمة . وتنتمى أنواعها الهامة إلى سبعة أجناس ؛ كما يلى :

١ - الجنس Ditylenchus :

أهم أنواعه D. destructor (أو نيماتودا جذور البطاطس Potato Root Nematode) ، وهى تصيب البطاطس والداندليون .

٢ - الجنس Meloidogyne :

تعرف النيماتودا التى تنتمى إلى هذا الجنس باسم نيماتودا تعقد الجذور Root Knot Nematodes ، ومن أهم أنواعها ما يلى :

النوع	الاسم العادى	
M. arenaria	نيماتودا تعقد جذور الفول السودانى	Peanut Root Knot Nematode
M. arenaria var thamesi		Thames Root knot Nematode
M. exigua	نيماتودا تعقد جذور البن	Coffee Root knot Nematode
M. hapla	نيماتودا تعقد الجذور الشمالية	Northern Root knot Nematode
M. incognita	نيماتودا تعقد الجذور الجنوبية	Southern Root knot Nematode
M. incognita var acrita	نيماتودا تعقد جذور القطن	Cotton Root knot Nematode
M. javanica	نيماتودا تعقد الجذور الجاوية	Javanese Root knot Nematode

تصيب نيماتودا تعقد الجذور - باختلاف أنواعها - حوالى ٢٠٠٠ نوع نباتى من كافة المجموعات المحصولية (الخضر ، والفاكهة ، والزينة ، والمحاصيل الحقلية) والحشائش . وقد أخذت أنواعها المختلفة أسماءها العادية ، إما من احتياجاتها الحرارية ، وإما من الأنواع المحصولية ، أو المناطق الجغرافية التى عزلت منها لأول مرة ، ولا علاقة لتلك الأسماء بمدى عوائلها .

٣ - الجنس Nacobus :

أهم أنواعه N. batatiformis ، ومن أهم عوائلها بنجر السكر .

٤ - الجنس Pratylenchus :

تعرف النيماتودا التى تتبع هذا الجنس باسم نيماتودا تقرح الجذور Root Lesion Nematodes ، أو نيماتودا المروج Meadow Nematodes ؛ ومن أهم أنواعها ما يلى :

النوع	العوائل الهامة
P. brachyurus	البطاطس ، والذرة ، والفول السودانى ، والقطن ، والأناناس ، والأفوكادو ، والتبغ
P. coffeae	البن ، والشاى ، وقصب السكر ، والموز ، والزيتون ، والتفاح
P. minyus	القمح ، والذرة ، والتبغ
P. penetrans	المشاتل ، والنجيليات ، ونباتات المراعى ، والشوفان ، والتفاح ، والفراولة ، والطماطم
P. pratensis	الحبوب ، والنجيليات ، والفراولة ، والزنبق
P. scribneri	البطاطس ، والفراولة
P. thornei	القمح ، وغيره من الحبوب والنجيليات
P. vulnus	نباتات الزينة ، والأشجار ، ونباتات المراعى ، وأشجار الفاكهة ، والفاصوليا
P. zeae	الذرة والقمح

٥ - الجنس Radopholus :

من أهم أنواعه ما يلى :

أ - R. oryzae (أو نيماتودا الأرز Rice Nematodes) ، وأهم عوائلها الأرز .

ب - R. similis (أو الـ Burrowing Nematodes) ، ومن أهم عوائلها الموالح ، ونباتات الزينة ، والزبدية .

٦ - الجنس Rotylenchulus :

من أهم أنواعه R. reniformis (أو النيماتودا الكلوية Kidney-Shaped أو Reniform Nematodes) ، ومن أهم عوائلها القطن ، والفول السودانى ، والطماطم ، ونباتات الزينة ، والمسطحات الخضراء .

٧ - الجنس Tylenchulus :

أهم أنواعه T. semipenetrans (أو نيماتودا الموالح Citrus Nematodes) ، ومن أهم عوائلها الموالح والزيتون .

ثالثا : النيماتودا الخارجية التطفل

تتغذى النيماتودا الخارجية التطفل Ectoparasitic Nematodes على سطح الجذور ؛ بدفع رمحها خلال نسيج الجذر لامتصاص الغذاء . وتنتمى أنواعها الهامة إلى ١٣ جنسا كما يلى :

١ - الجنس Belonolaimus :

تعرف النيماتودا التى تتبع هذا الجنس باسم النيماتودا الواخزة Sting Nematodes ، وأهم أنواعها B. gracilis ، الذى يصيب عديد من الخضروات (مثل الفراولة والكرفس) ، ونباتات الزينة ، والمسطحات الخضراء ، وكذلك الذرة ، والقطن والفول السودانى ، وفول الصويا .

٢ - الجنس Cacopaurus :

أهم أنواعه C pestis ، الذى يصيب الجوز .

٣ - الجنس Criconema :

تعرف النيماتودا التى تتبع هذا الجنس باسم نيماتودا الصنوبر Pine Nematodes ، وهى تصيب أشجار الصنوبر .

٤ - الجنس Circonemoides :

تعرف النيماتودا التى تتبع هذا الجنس باسم النيماتودا الحلقية Ring Nematodes ، ومن أهم عوائها . القطن ، والفول السودانى ، والفاكهة المتساقطة ، والموالح .

٥ - الجنس Dolichodorus :

أهم أنواعه D. heterocephalus (أو النيماتودا الثاقبة Awl Nematode) ، ومن أهم عوائلها الكرفس ، والفاصوليا ، والطماطم ، والذرة .

٦ - الجنس Helicotylenchus :

تعرف النيماتودا التى تتبع هذا الجنس باسم النيماتودا الحلزونية الحقيقة True Spiral Nematodes ، وأهم أنواعه H. nannus التى تصيب الطماطم ، والفول السودانى ، والتبغ ، والبرسيم .

٧ - الجنس Hoplolaimus :

تعرف النيماتودا التى تتبع هذا الجنس باسم النيماتودا الرمحية Lance Nematodes ، وهى تصيب المسطحات الخضراء ، والمشاتل ، والذرة ، وقصب السكر ، والبرسيم .

٨ - الجنس Longidorus :

تصيب النيماتودا التى تتبع هذا الجنس النجيليات ، والنعناع .

٩ - الجنس Paratylenchus :

تعرف النيماتودا التى تتبع هذا الجنس باسم النيماتودا الدبوسية Pin Nematodes ، وهى تصيب عديدا من الخضروات ، والتين .

١٠ - الجنس Rotylenchus :

تعرف النيماتودا التى تتبع هذا الجنس باسم النيماتودا الحلزونية Spiral Nematodes ، وهى تصيب عديداً من نباتات الزينة .

١١ - الجنس Trichodorus :

تعرف النيماتودا التى تتبع هذا الجنس باسم نيماتودا الجذر الغليظ القصير Stubby Root Nematodes ، وهى تصيب عديداً من الخضروات ، منها : الكرفس ، والصليبيات ، والفاصوليا ، والبسلة ، والطماطم ، واللوبيا ، والبنجر ، والفلفل ، والذرة السكرية ، كما تصيب كذلك القطن .

١٢ - الجنس Tylenchorhynchus :

تعرف النيماتودا التى تتبع هذا الجنس باسم نيماتودا القليم أو النيماتودا الرمحية Stylet Nematodes ، ومن أهم أنواعه T. claytoni (أو نيماتودا تقزم التبغ Tobacco Stunt Nematode) التى تصيب التبغ ، والذرة ، والقطن ، والفراولة ، والبرسيم ، والفول السودانى ، والفاصوليا .

١٣ - الجنس Xiphinema :

تعرف النيماتودا التى تتبع هذا الجنس باسم النيماتودا الخنجرية Dagger Nematodes ، ومن أهم عوائلها : القطن ، والفراولة ، والتبغ ، والخوخ ، والمشاتل .

رابعا : نيماتودا الأجزاء النباتية الهوائية

تتغذى هذه النيماتودا على الأجزاء النباتية التى تقع فوق سطح التربة ، وهى تنتمى إلى ثلاثة أجناس ؛ كما يلى :

١ - الجنس Anguina :

تعرف النيماتودا التى تتبع هذا الجنس باسم نيماتودا تثألل البذور Seed Gall Nematodes ؛ ومن أهم أنواعها ما يلى :

أ - A. agrostis . وهى تصيب النجيليات .

ب - A. tritici . . ومن عوائها القمح والزوان (الشيلم) .

٢ - الجنس Aphelenchoides :

تعرف النيماتودا التى تتبع هذا الجنس باسم نيماتودا النموات الخضرية Foliar Nematodes ، ومن أهم أنواعها مايلى :

أ - A. besseyi . . تصيب الفراولة والأرز (مسببة مرض قمة الورقة البيضاء) .

ب - A. fragariae . . تعرف باسم نيماتودا البراعم والأوراق Bud and Leaf Nematode ؛ ومن عوائلها الكتان ، والنعناع ، والبصل ، والبطاطا ، والفراولة والبيجونيا ، والسوس .

جـ - A. ritzema-bosi . تعرف كذلك باسم نيماتودا البراعم والأوراق ؛ ومن عوائلها الفراولة ، والأقحوان ، والأوركيد .

٣ - الجنس Ditylenchus :

من أهم أنواعه D. dipsaci (أو نيماتودا الساق والأبصال Stem and bulb Nematode) ، ومن عوائلها البصل ، والثوم ، والبطاطس ، والفراولة ، والبرسيم ، والبرسيم الحجازى .

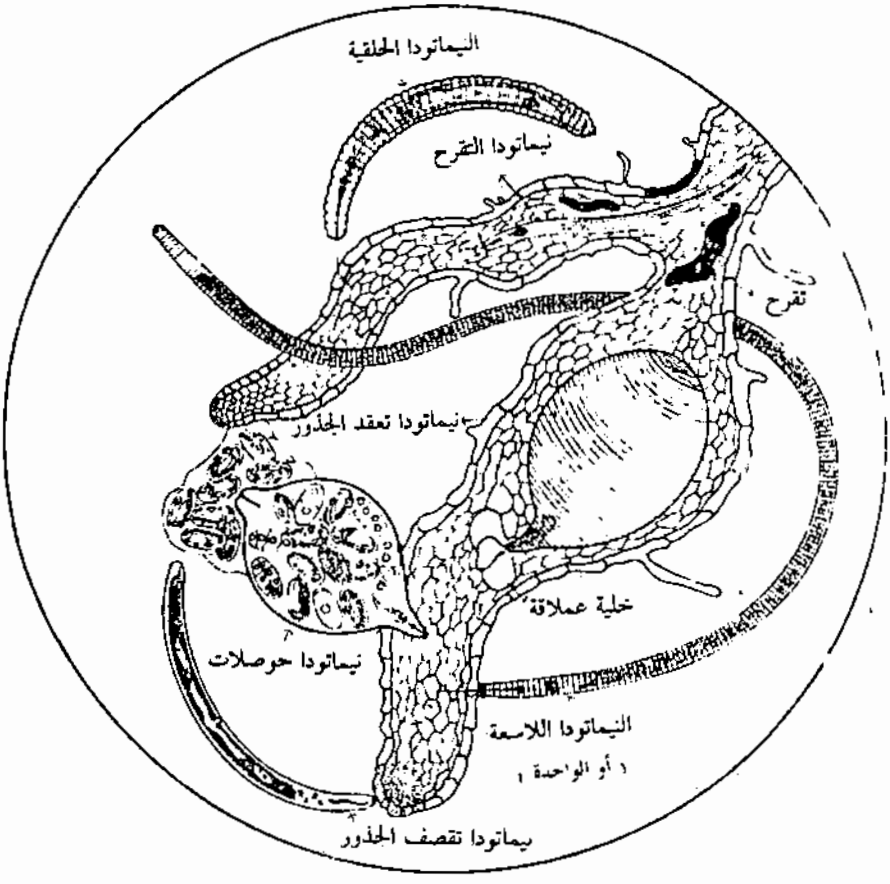
وبين شكل (٧ - ٣) بعض الأنواع الهامة من النيماتودا .

طبيعة الأضرار التى تحدثها النيماتودا

تحدث الأضرار الناشئة عن تطفل النيماتودا على النباتات ؛ نتيجة لما يلى :

١ - موت الأنسجة Necrosis :

تموت الأنسجة نتيجة لإحداث النيماتودا لأحد الأعراض التالية :



شكل (٧ – ٣) : بعض الأنواع الهامة من النيماتودا .

أ – التقرح Lesion :

التقرح هو موت الخلايا المكونة للنسيج المصاب فى منطقةٍ محددةٍ تتلون – غالبا – بلونٍ داكنٍ . ويحدث ذلك دائما فى نسيج القشرة ، وقد يمتد إلى الأسطوانة الوعائية . ومن أهم الأجناس التى تُحدث هذه الأعراض : جنس نيماتودا التقرح Pratylenchus ، والنيماتودا الحفارة من جنس Radopholus .

ب – الذبول Wilting :

يظهر الذبول فى جميع حالات الإصابة بالنيماتودا المتطفلة على الجذور ، وبصفة خاصة فى حالة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور ، وهى التابعة للجنس Meloidogyne .

جـ - التعفن Rotting :

التعفن هو حدوث تحلل فى نسيج النبات ؛ إما نتيجة الإصابة بالنيماتودا مباشرة ، كما فى حالة الإصابة بنيماتودا الأبصال من الجنس Ditylenchus ، وإما نتيجة للإصابة بكائنات ثانوية من البكتيريا والفطريات المحدثة للعفن الطرى من الفتحات التى أحدثتها النيماتودا بالجذور .

د - موت الأطراف Die-back :

هو موت الأطراف الغضة فى الأشجار ، واستمرار ذلك تدريجيا نحو قاعدة الأفرع . ومن أمثلة النيماتودا المحدثة لهذا النوع من الأعراض : نيماتود الموالح من جنس Tylenchulus .

٢ - زيادة النمو Hyperplasia :

تحدث الزيادة فى النمو نتيجة لإحداث النيماتودا لأحد الأعراض التالية

أ - تكوين الخلايا العملاقة Giant cell formation :

تتكون الخلايا العملاقة فى حالة الإصابة بعددٍ محدودٍ من أنواع النيماتودا ؛ أهمها نيماتودا تعقد الجذور من الجنس Meloidogyne ، ونيماتودا الحوصلات من الجنس Heterodera ، وكذلك الجنس Nacobbus .

وتنشأ الخلية العملاقة من اندماج عدد من الخلايا المتجاورة ؛ وذلك عن طريق تلاشى الجدر الفاصلة بينها ، ثم حدوث زيادة فى سمك الجدار المحيط بهذا الاندماج الخلوى الذى يحتوى على عددٍ كبيرٍ من الأنوية .

ب - تكوين العقد Gall formation :

تظهر هذه الأعراض على الجذور فى حالات الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور من الجنس Meloidogyne ، والنيماتودا الناقلة للفيروسات من جنسى Xiphinema و Longidorus . وفى حالة إصابة الأوراق ، كما فى الجنس Ditylenchus ، والأزهار ، كما فى الجنس Anguina . تنشأ هذه العقد نتيجة حدوث زيادة غير عادية فى انقسام الخلايا فى منطقة الإصابة .

هذا .. وليس من الضرورى أى يصاحب تكوين الخلايا العملاقة تكوين عقد أو تورمات كما يحدث عند تكوين الخلايا العملاقة فى حالة الإصابة بنيماتودا الحوصلات Heterodera ، والعكس صحيح . فقد تتكون تورمات ، ولا تتكون خلايا عملاقة ؛ كما فى حالة جنس Anguina ، وجنس Xiphinema .

٣ - توقف الأنسجة عن النمو Hypoplasia :

يحدث التوقف فى نمو الأنسجة كما فى حالة الإصابة بنيماتودا تقصف الجذور التابعة للجنس Trichodorus ؛ حيث تتطفل النيماتودا على القمة النامية للجذور (عن شافعى والشريف ١٩٧٩) .

تأثير الإصابة بالنيماتودا على الإصابات المرضية الأخرى

أوضحت عديد من الدراسات أن إصابة بعض النباتات بأنواع معينة من النيماتودا تزيد من معدل إصابتها ببعض الأمراض الفطرية والبكتيرية . ومن أمثلة هذه التفاعلات ما يلى (عن Palti ١٩٨١) :

المحصول	النيماتودا	المرض المتأثر بها	مسبب المرض
القطن	Meloidogyne spp.	الذبول الفيوزارى	Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum
الطماطم	M. javanica	الذبول الفيوزارى	F. oxysporum f. sp. lycopersici
التبغ	M. incognita	الساق الأسود	Phytophthora parasitica var nicotianae
الطاطس	Pratylenchus thornei	ذبول فيرتسيلليم	Verticillium dahliae
الطماطم	Trichodorus christiei	ذبول فيرتسيلليم	V. albo-atrum
الطماطم	M. incognita	عفن الجذور	Rhizoctonia solani
البامية	M. incognita	عفن الجذور	R. solani
التبغ	M. incognita	عفن الجذور	Pythium ultimum
فول الصويا	M. incognita	عفن الجذور	Pythium spp.
فول الصويا	Heterodera glycines	عفن الجذور	Rhizoctonia spp.
الموالح	Tylenchulus semipenetrans	عفن الجذور	Fusarium solani
البرقوق	Criconemoides xenoplax	التسوس البكتيرى	Pseudomonas syringae

كذلك وجد Walia & Gupta (١٩٩٤) أن إصابة الطماطم بنيماتودا تعقد الجذور M. javanica جعلها أكثر عرضة للإصابة بالفطر Rhizoctonia solani بعد ذلك ، ولكن تعريض الطماطم للنيماتودا والفطر معا - فى آنٍ واحدٍ - قلل من حدة الإصابة بالنيماتودا . وقد توصل الباحثان إلى أن الفطر ربما كان له تأثير مضاد للنيماتودا فى العدوى المتزامنة بكليهما معا ، بينما هيأت الإصابة بالنيماتودا قبل الفطر المنافذ التى سهلت إصابة الجذر بالفطر .

طرق مكافحة النيماتودا

تتعدد الطرق المتبعة فى مكافحة النيماتودا كما يلى :

المعاملة الحرارية للتقاوى

تفيد المعاملة الحرارية للتقاوى - سواء أكانت بذورا ، أم أجزاء خضرية - فى تخليصها من الآفات النيماتودية ؛ ومن أمثلة ذلك تلك الموضحة فى جدول (٧ - ١) عن Sasser وآخرين (١٩٨٢) .

الدورة الزراعية

تفيد الدورة الزراعية المناسبة فى خفض أعداد النيماتودا فى التربة . ويجب تخطيط الدورة بحيث يزرع أكثر المحاصيل الاقتصادية قابلية للإصابة عندما يكون تعداد النيماتودا منخفضا . ففى بداية موسم الزراعة ينمو هذا المحصول بصورة جيدة لضعف إصابته ، لكن مع نهاية الموسم نجد أن تعداد النيماتودا فى التربة يكون قد تضاعف عدة مرات . فإذا أعقبت ذلك زراعة صنفٍ أو محصولٍ مقاومٍ ينخفض تعداد النيماتودا مرة أخرى ، وهكذا .

جدول (٧ - ١) : المعاملات الحرارية (بالماء الساخن) لتخليص التقاوى من الآفات النيماتودية .

المحصول ونوعية التقاوى	المعاملة الحرارية		الأنواع النيماتودية التى يتم التخلص منها
	الحرارة (°م)	المدة (دقيقة)	
جذور البطاطا	٥٠	٥ - ٣	Meloidogyne spp.
	٤٦,٨	٦٥	Meloidogyne spp.
جذور الفراولة	٥٢,٨	٥	Meloidogyne spp.
	٤٩,٤	٧	Pratylenchus penetrans
	٤٨	١٥	Ditylenchus dipsaci
	٥٠ - ٥٢	٧ - ٥	Ditylenchus dipsaci
	٤٦ - ٤٧	١٥ - ١٣	Aphelenchoides fragariae
درنات البطاطس	٤٦ - ٤٧,٥	١٢٠	Meloidogyne spp.
	٥٢	٢٠ - ١٥	Pratylenchus coffeae
	٥٣	١٥ - ١٠	Pratylenchus coffeae
درنات اليام	٥١	٣٠	Meloidogyne spp.
	٥٠ - ٥٥	٤٠	Scutellonema bradys
أصول الموالح	٤٩	١٠	Tylenchulus semipenetrans
	٤٦,٧	١٠	Tylenchulus semipenetrans
	٤٥	٢٥	Tylenchulus semipenetrans
	٥٠	١٠	Radopholus similis
كورمات الموز	٥٥	٢٠	Helicotylenchus multicinctus
	٥٥	٢٠	Pratylenchus brachyurus
	٥٥	٢٠	Radopholus spp.
	٥٥	٢٠	Pratylenchus spp.
	٥٥	٢٠	Helicotylenchus spp.
بذور الأرز	٥٢	١٠	Aphelenchoides besseyi
أصول الخوخ	٥٠ - ٥١,١	١٠ - ٥	Meloidogyne spp.
أصول العنب	٥٢,٧	٥	Meloidogyne spp.
	٥٤,٤	٣	Meloidogyne spp.
	٤٧,٨	٣٠	Meloidogyne spp.
	٥٠	١٠	Meloidogyne spp.
	٥٢	٥	Xiphinema index
	٥٢	١٠	Xiphinema index

ومن النباتات المنيعة أو التى على درجة عالية من المقاومة لمختلف أنواع النيماتودا - والتى يمكن إدخالها فى الدورة لمقاومة تلك الأنواع - ما يلى (عن Sasser وآخرين ١٩٨٢) .

النيماتودا	النباتات المقاومة أو المنيعة لها
Belonolaimus	البطيخ
Criconemoides ornatus	القطن ، وفول الصويا
Ditylenchus destructor	الجزر ، والترمس
Ditylenchus dipsaci	الشعير ، والذرة ، والشوفان ، والبيقة ، والجزر ، والبنجر
Globodera pallida	الشوفان
Globodera rostochiensis	الشوفان
Heliocotylenchus	الكاسافا
Heterodera schachtii	البصل ، والفاصوليا
Hoplolaimus columbus	البطاطا
Meloidogyne arenaria	
سلالة ١	القطن
سلالة ٢	القطن ، والفول السوداني ، والفلفل
Meloidogyne hapla	القطن ، والبطيخ ، والذرة ، وكل النجيليات تقريبا ، وكل الرمحيات ما عدا البصل
Meloidogyne incognita	الشعير
سلالة ١	الفول السوداني ، والقطن
سلالة ٢	الفول السوداني ، والقطن
سلالة ٣	الفول السوداني
سلالة ٤	الفول السوداني
Meloidogyne javanica	القطن ، والفول السوداني ، والفلفل ، والفراولة
Meloidogyne naasi	البطاطس ، والشوفان ، والذرة
Nacobbus aberrans	الذرة ، والقمح ، والشوفان ، والشعير ، والبرسيم الحجازي ، والبرسيم ، والبصل
Paratrichodorus christiei	الفول السوداني ، وفول الصويا
Pratylenchus coffeae	الفول السوداني
Pratylenchus indicus	السمسم ، والشعير ، والقمح
Radopholus	الكاسافا ، وقصب السكر
Radopholus similis	البطاطا ، والحجل
Rotylenchulus	حشيشة برمودا ، والشوفان ، والذرة ، والفول السوداني
Rotylenchulus reniformis	الذرة ، والذرة الرفيعة
Xiphinema americanum	الذرة الرفيعة ، والشيلم
Xiphinema diversicaudatum	الشعير والبطاطس ، والبنجر السكري ، والكرنب ، والقمح ، والفاصوليا

ولتخطيط دورة زراعية مناسبة بهدف مكافحة الآفات النيماتودية ، يتعين مراعاة مايلى :

١ - التعرف أولا على النوع أو الأنواع النيماتودية المسببة للمشاكل فى المزرعة .

٢ - توجيه الاهتمام نحو أكثر الأنواع إضرارًا بالمحاصيل المزروعة .

٣ - عدم زراعة المحصول الأساسى القابل للإصابة فى نفس الحقل أكثر من مرة واحدة كل ثلاث سنوات .

٤ - يختار أكثر الأنواع المقاومة - لنوع النيماتودا الذى يراد مكافحته - لإدخاله فى الدورة ، مع مراعاة أن يكون محصولا اقتصاديا فى منطقة الزراعة .

٥ - يجب أن تأتى زراعة المحصول المقاوم - فى الدورة - قبل المحصول الأساسى القابل للإصابة .

٦ - فحص جذور النباتات أثناء نموها بصفة دورية للتأكد من مدى فاعلية الدورة ، ومدى صلاحية الأنواع التى أدخلت فى الدورة لأجل مكافحة النيماتودا ، ومدى ظهور أنواع جديدة خطيرة من النيماتودا بعد مكافحة النوع الذى كان سائدا .

ويلاحظ من القائمة التى سبق بيانها أن الفول السودانى والنجيليات بمختلف أنواعها من الأنواع المحصولية المقاومة لعديد من الأنواع النيماتودية ، والتى يمكن الاعتماد عليها فى الدورة لمكافحة تلك النمياتودا.

فمثلا . . نجد أن نيماتودا تعقد الجذور يمكنها إصابة نحو ٢٠٠٠ نوع نباتى ؛ ولذا . . فإن مكافحتها عن طريق اتباع دورة زراعية مناسبة أمر يصعب تحقيقه ؛ و إن لم يكن مستحيلاً . فمثلا . . كان نمو الخيار ومحصوله جيدين عندما زرع بعد أحد أصناف الطماطم المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور فى حقل موبوء بشدة بالنيماتودا (Hanna وآخرون ١٩٩٤) .

وبالمقارنة فإن مدى عوامل نيماتودا بنجر السكر المكونة للحوصلات Heterodera schachtii قليل ؛ حيث يقتصر على أنواع محصولية معدودة ، تشمل - إلى جانب

بنجر السكر - كلا من : بنجر المائدة ، وبنجر العلف ، والصيليبات ، والسبانخ ؛ ولذا . . فإن اتباع دورة زراعية لا تزرع فيها تلك الأنواع المحصولية القابلة للإصابة أكثر من مرة واحدة فى نفس قطعة الأرض كل ٣ - ٦ سنوات يفيد كثيرا فى مكافحة هذه الآفة (عن Mckenry & Roberts ١٩٨٥) .

المكافحة بالمبيدات

تستعمل المبيدات النيماتودية إما على صورة أبخرة Fumigants تنطلق فى التربة ، وتذوب فى الماء الأرضى ، ثم تخترق أجسام النيماتودا ، وإما على صورة مواد غير متبخرة nonfumigants تذوب فى الماء الأرضى مباشرة . والبعض منها يمتصه النبات إما عن طريق التربة ، وإما بعد رش النموات الخضرية ، ويتوزع جهازيا فى النبات ؛ حيث يؤثر على النيماتودا التى تتغذى على الجذور .

ومن أهم المبيدات النيماتودية الشائعة الاستعمال تلك التى تظهر فى جدول (٧ - ٢) .

وتكافح النيماتودا فى المشاتل عندما تكون موبوءة بمعاملتها بالنيماكور ١٠٪ محببا ، أو التوريدان ١٠٪ محببا ، أو التميك ١٠٪ محببا ، أو الفايدت ١٠٪ محببا بمعدل ٤٠ كجم للفدان نثرا على سطح التربة ، ثم تقلب ، وتزرع البذرة ، ويروى المشتل .

وأفضل المبيدات للمشاتل هو بروميد الميثايل الذى يستخدم بمعدل حوالى ٧٠ جم لكل متر مربع من المشتل . وهو يقضى تماما على النيماتودا بجميع أنواعها ، والحشرات الأرضية ، والبكتيريا ، والفطريات ، ومعظم بذور الحشائش .

ويمكن بعد الشتل رش النباتات بالفايدت السائل ٢٤٪ بمعدل لترين للفدان . ويكرر الرش كل ٣ أسابيع مع الرى بعد الرش مباشرة . وتزداد الكمية المستعملة إلى ٣ لترات للفدان فى حالة عدم معاملة النباتات فى المشتل .

كما يفيد غمس الأجزاء النباتية المستخدمة فى التكاثر فى المبيدات النيماتودية .

جدول (٧ - ٢) : أهم المبيدات النيماتودية (عن Valdez ١٩٧٩ ، و Sasser وآخرين ١٩٨٢) .

المبيد	بعض تحضيراته التجارية	الاسم الكيميائى	الصورة التى يوجد عليها	الآفات الأخرى التى يبيدها
أولا المبخرات Fumigants				
١ - مخلوط د.د DD Mixture	DD ، وفورلكس Vorlex	1,3-dichloropropene & 1,2-dichloropropane	سائل	الحشرات ، والفطريات ، والحشائش
٢ - دى بى سى بى DBCP		1,2-dibromo-3-chloropropane	سائل أو ميرغل (محبب)	-
٣ - إى دى بى EDB	Solibrom، و Terr-O-Cide	ethylene dibromide	سائل	-
٤ - ناثام Natham		sodium methyl-dithio-carbamate	سائل	الحشرات ، والفطريات ، وبذور الحشائش
٥ - بروميد الميثايل MBr	Brom - O - Gas	methyl bromide	غاز	
ثانيا المبيدات الجهازية				
١ - الديكارب Aldicarb	التمك Temik	2-methyl-2-(methylthio)propionaldehyde 0-(methylcarmoyl oxime)	ميرغل (محبب)	الحشرات
٢ - كاربوفيوران Carbofuran	فيورادان Furadan	2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuramyl methylcarbamate	ميرغل	الحشرات
٣ - إيثيروب Ethoprop	موكاب Mocap	0-ethyl S,S-dipropyl phosphorodithioate	ميرغل أو سائل	الحشرات
٤ - ترايازوفس Triazophos		1-phenyl-3-(0,0-diethyl-thinophosphoryl) 1,2,4-triazole	سائل أو ميرغل	
٥ - فنسلفوثيون Fensulfothion	تراكور Terracur P ودانانت Dasanit	0,0-diethyl 0-(p-methyl-sulfinyl)phenyl) phosphorothioate	ميرغل	-
٦ - أوكسـاميل Oxamyl	فايدت Vydate	methyl-N,N-dimethyl N-(methyl-carbamyl) oxy)-1-thioxamidate	ميرغل أو سائل	الحشرات
٧ - فينامفوس Fenamiphos	نيماكور Nemacur	ethyl 4-(methylthio)-m-tolylisopro-phyl-phosphoramidate	ميرغل أو سائل	-
٨ - تربوفوس Terbufos	كونتر Counter	S-[[(1,1-dimethylethyl) thio] methyl] 0,0-diethyl phosphorodithioate	ميرغل	الحشرات
٩ - ميتام - صوديوم Metam-Sodium	فابام Vapam	Sodium-N-methyldithiocarbamate	سائل	الحشرات ، والفطريات ، والحشائش

ويعد النيماكور Nemacur من أكثر المبيدات أمانا فى الاستخدام أثناء النمو النباتى . ويمكن استعماله كمحلول مخفف يضاف إلى التربة ؛ إما إلى جانب النباتات soil drench ، وإما من خلال شبكة لرى بالتنقيط (Nassar & Grandall ١٩٨٧) .

ويمكن إيجاز طرق المعاملة بالمبيدات النيماتودية كما يلى :

١ - تبخير التربة وهى فى حالة مستحرثة (أى وهى تحتوى على نحو ٥٠٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية) مع تغطيتها جيدا بالبلاستيك طوال فترة التعقيم ، ثم تركها لتهوى لمدة لا تقل عن يومين قبل زراعتها ، ويفضل ألا تقل مدة التهوية عن أسبوع .

٢ - خلط المبيدات المبرغلة بالطبقة السطحية من التربة حتى عمق ١٠ سم ، ثم رى التربة ، ويفضل تغطيتها بالبلاستيك كما سبق فى حالة المبيدات السائلة التى تستخدم فى تبخير التربة .

٣ - قصر المعاملة - أيا كان المبيد - على خطوط الزراعة - بعرض متر واحد - إن كانت المسافة بين خطوط الزراعة كبيرة ؛ بشرط ألا تزيد المساحة المعاملة على ١/٣ - ١/٢ الحقل .

٤ قصر المعاملة على البقع التى تكون مصابة بوضوح بالنيماتودا ضمن حقول سليمة .

٥ - إضافة المبيدات المحببة - مثل الأسمدة - إلى جانب النباتات ، ثم التغطية عليها والرى .

٦ - إضافة المبيدات عند زراعة البذور كما تضاف الأسمدة ، حيث تكون على عمق يزيد بمقدار ٥سم عن العمق الذى تزرع فيه البذور ، وإلى الجانب بنحو ٥سم أخرى

٧ - إضافة المبيدات مع مياه الرى بالتنقيط (عن Johnson ١٩٨٥) .

المكافحة البيولوجية

تتنوع الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية للنيماتودا على النحو التالى :

أولا . مكافحة النيماتودا بالبكتيريا

تفيد عدة أنواع بكتيرية فى هذا الشأن ؛ ومنها :

١ - Bacillus penetrans :

تتطفل هذه البكتيريا على بيض النيماتودا وأطوارها اليرقية .

٢ - Bacillus thuringiensis :

تمكن Zuckerman وآخرون (١٩٩٣) من عزل سلالة من هذه البكتيريا (أعطيت الرمز CR-371) أعطت نتائج جيدة عند استعمالها فى مكافحة عدة أنواع نيماتودية ؛ هى :

النوع	الاختبار
Caenorhabditis elegans	فى بيئة صناعية
Meloidogyne spp.	على الطماطم فى الصوبة
Meloidogyne incognita	على الطماطم والفلفل فى الحقل
Rotylenchulus reniformis	على الطماطم والفلفل فى الحقل
Pratylenchus penetrans	على الفراولة فى الصوبة

وقد أجريت المعاملة بهذه البكتيريا إما بإضافتها إلى التربة - فى صورة معلق - إلى جانب النباتات ، وإما بإضافتها إلى غلاف للبذرة من المثيل سيليلوز methylcellulose وقد تساوت الطريقتان من حيث فاعليتهما فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور فى الطماطم .

ومن الطرق الناجحة للمعاملة بالبكتيريا المتطفلة على النيماتودا إضافتها مع مياه الرى بالتنقيط .

ثانيا . مكافحة النيماتودا بالفطريات المفترسة

من هذه الفطريات ما يلى :

١ Arthobotrys oligospora :

يكون الفطر شبكة كثيفة لزجة تحيط بالأطوار الدودية vermiform stages للنيماتودا .

٢ - Dactylaria candida :

يكون الفطر حلقات ثلاثية الخلايا وعقدا لزجة تكون بمثابة شراك للأطوار الدودية .

٣ - Dactylaria brochopaga :

يكون الفطر حلقات ثلاثية الخلايا تكون بمثابة شراك للأطوار الدودية .

ثالثا · الفطريات المتطفلة

من هذه الفطريات ما يلى ·

١ - Catenaria spp.

تهاجم جراثيم الفطر السابحة zoospores الوحيدة الهدب الأطوار الدودية للنيماتودا .

٢ - Harposporium anguillulae ·

تقوم الأطوار اليرقية بتناول جراثيم الفطر ضمن غذائها ؛ لتتطفل عليها بعد ذلك .

٣ - Dactylella oviparasitica :

يتصل الفطر ببعض النيماتودا ويخترقه ، وخاصة بيض نيماتودا تعقد الجذور .

٤ - Nematophthora gynophila :

يتطفل الفطر على إناث نيماتودا الحوصلات ، وتتواجد جراثيم الفطر الساكنة فى الحوصلات الناضجة للنيماتودا (عن Mckenry & Roberts ١٩٨٥) .

٥ - Paecilomyces lilacinus :

يعد هذا الفطر - حاليا - أهم الكائنات المستخدمة فى المكافحة البيولوجية لكل من نيماتودا تعقد الجذور ونيماتودا الحوصلات ، وقد كان اكتشافه بواسطة إخصائيى

النيماتودا فى مركز البطاطس الدولى فى بيرو ؛ حيث وجد متطفلا - فى أحد الحقول - على بيض نيماتودا تعقد الجذور .

وتبين أن إصابة بيض نيماتودا تعقد الجذور بالفطر تقضى عليه خلال خمسة أيام . وتحت ظروف الحقل أصاب الفطر نحو ٨٦٪ من كتل البيض المجموعة من جذور النباتات المعاملة بالفطر ، وقضى على أكثر من ٥٤٪ من البيض فيها ؛ مما أدى إلى نقص كبير فى أعداد بيض النيماتودا فى التربة فى الموسم الأول من المعاملة .

وقد وجد أن الفطر ينتشر بسرعة كبيرة فى التربة المعاملة ، وينتشر منها إلى القطع المجاورة ، ويتطفل على كل ما يقع فى طريقه من بيض لنيماتودا تعقد الجذور ، لدرجة أنه لم يمكن العثور على أية نيماتودا فى الحقول التى عوملت بالفطر بعد ثلاث سنوات من المعاملة . ولم يمكن إعادة عدوى هذه الحقول بنيماتودا تعقد الجذور بعد تلك الفترة التى ثَبَّتَ الفطر وجوده فيها (Jatala ١٩٨٥) .

وفى سرى لانكا نجح هذا الفطر فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور M. incognita مثلما نجح مبيد الكاربوفوران Carbofuran (Ekanayake & Jayasundara ١٩٩٤) .

وقد حصل على نتائج جيدة كذلك عندما استخدم الفطر فى مكافحة النيماتودا الذهبية (نيماتودا البطاطس المكونة للحوصلات) Globodera rostochiensis ، وأيضا G. pallida ؛ حيث تطفل الفطر بكفاءة عالية على بيض النيماتودا ، وقضى على نسبة كبيرة منه .

وفى بستان من البرتقال مصاب بنيماتودا جذور الموالح Tylenchulus semipene-trans أدت المعاملة بالفطر إلى زيادة حجم الثمار (عن International Potato Center ١٩٨٤) .

رابعا : لافقاريات أخرى

منها ما يلى :

١ - النيماتودا من جنس Mononchus :

تتغذى على غيرها من النيماتودا .

٢ - بطيئات الحركة Tardigrade :

منها Hypsibius التى تتغذى على الأطوار الدودية

٣ - الـ Colembolan .

منها Onychiurus armatus التى تتغذى على الحوصلات (عن Mckenry & Roberts ١٩٨٥) .

المكافحة باستعمال البروتينات الشيتينية

يحصل على البروتينات الشيتينية Chitin Protein من الهيكل الخارجى Exoskeleton لصلب لسرطان البحر (السلطعون) ، وجراد البحر (الإربيان) ، والجمبرى . ومن تحضيرته التجارية الكلاندوسان ClandoSan ، والـ Chitosan . ويحضر مركب لكلوندوسان من تلك المواد محبوطة بكل من اليوريا ، ومنظم عضوى .

تستخدم البروتينات الشيتينية فى مكافحة جميع أنواع النيماتودا ويتعين خلط التحضير التجارى (مثل الكلاندوسان) بالتربة إلى عمق ١٥ - ٢٠ سم قبل الزراعة بنحو ١٥ - ٣٠ يوما . كما يمكن إضافته بعد الزراعة ، ثم الرى وتجدر الإشارة إلى أن الكلاندوسان يحتوى - كذلك - على ٤,٠ ١٪ نيتروجينا فى صورة يوريا ، و٢,٣٪ فوسفور ، و١,٣٪ بوتاسيوم (A H Hummert Seed Co. ١٩٨٩)

وقد أوضحت دراسات Evans (١٩٩٣) أن إضافة الشيتين إلى حقول بطاطس بها بيض النيماتود Globodera pallida قضى على النيماتودا ، مع زيادة محصول الدرنات إلى ٢ - ٣ أمثال معاملات المقارنة غير المعاملة .

المكافحة بالإضافات العضوية إلى التربة

تلعب الإضافات العضوية إلى التربة دورا هاما فى تقليل أعداد النيماتودا فيها ، وفى خفض شدة الإصابات النيماتودية . ولا شك فى أن للإضافات العضوية تأثيرات بالغة على نشاط الكائنات الدقيقة فى التربة ، بما توفره لها من مصادر للطاقة ، وبما تحتويه من كائنات دقيقة كثيرة ومتنوعة ويكون لهذه الكائنات الدقيقة أثرها الكبير فى تنشيط مختلف عناصر المكافحة البيولوجية فى التربة .

ومن بين الإضافات العضوية التى أحدثت نقصا فى أعداد النيماتودا فى التربة ما يلى (عن Palti ١٩٨١) :

نوع الإضافات العضوية	الأنواع النيماتودية التى تأثرت بها
مخلفات المجارى sewage sludge	Meloidogyne incognita
البرسيم الحجازى ، والكتان (نموات خضرية جافة)	M. incognita
نشارة الخشب	M. javanica
	Heterodera tabacum
الأوراق النباتية + كبريتات الأمونيوم	Pratylenchus penetrans
الأوراق النباتية ، ومخلفات المجارى	Hoplolaimus tylenchiformis
	Xiphinema americanum
بقايا الهيفات الفطرية من إنتاج مضادات الحيوية،	Pratylenchus penetrans
ومخلفات السليلوز من صناعة الورق	Tylenchorhynchus dubius
كسب بذور المسترد المتبقى بعد عصر الزيت منها	Helicotylenchus sp.
	Tylenchorhynchus sp.
	Meloidogyne sp.
الشوفان وحشيشة السودان	Pratylenchus penetrans
مخلفات المجارى المعالجة	Belonolaimus longicaudatus
كسب بذور الخروع المتبقى بعد عصر الزيت منها	Tylenchulus semipenetrans

نيماتودا تعقد الجذور

نتناول نيماتودا تعقد الجذور Root Knot Nematodes بشئ من التفصيل ، نظرا لأهميتها البالغة ؛ فهى أكثر أنواع النيماتودا انتشارا ، وأشدها إضرارا بالمحاصيل الزراعية ، ويمكنها إصابة نحو ٢٠٠٠ نوع نباتى من مختلف النباتات المزروعة والحشائش .

الانواع

ربما يزيد عدد أنواع نيماتودا تعقد الجذور المعروفة (وجميعها تتبع الجنس

Meloidogyne) على ٥٠ نوعا ، وقد حدد Taylor & Sasser (١٩٧٨) ٣٧ نوعا منها ؛ كما يلى :

M. acrita
M. acronea
M. africana
M. ardenensis
M. arenaria
M. artiellia
M. bauruensis
M. brevicauda
M. coffeicola
M. decalineata
M. deconincki
M. ethiopica
M. exigua
M. graminicola
M. graminis
M. hapla
M. incognita
M. indica
M. inornata
M. javanica
M. kikuyensis
M. kirjanovae
M. litoralis
M. lordelloi
M. lucknowica
M. mali
M. megadora
M. megriensis
M. microtyla
M. naasi
M. oteifae
M. ottersoni
M. ovalis
M. poghossianae
M. spartinae
M. tadshikistanica
M. thamesi

وبالرغم من كثرة الأنواع المعروفة من نيماتودا تعقد الجذور ، فإن ٩٩٪ من العينات التى جمعت من مختلف أنحاء العالم كانت من أربعة أنواع رئيسية ؛ هى :

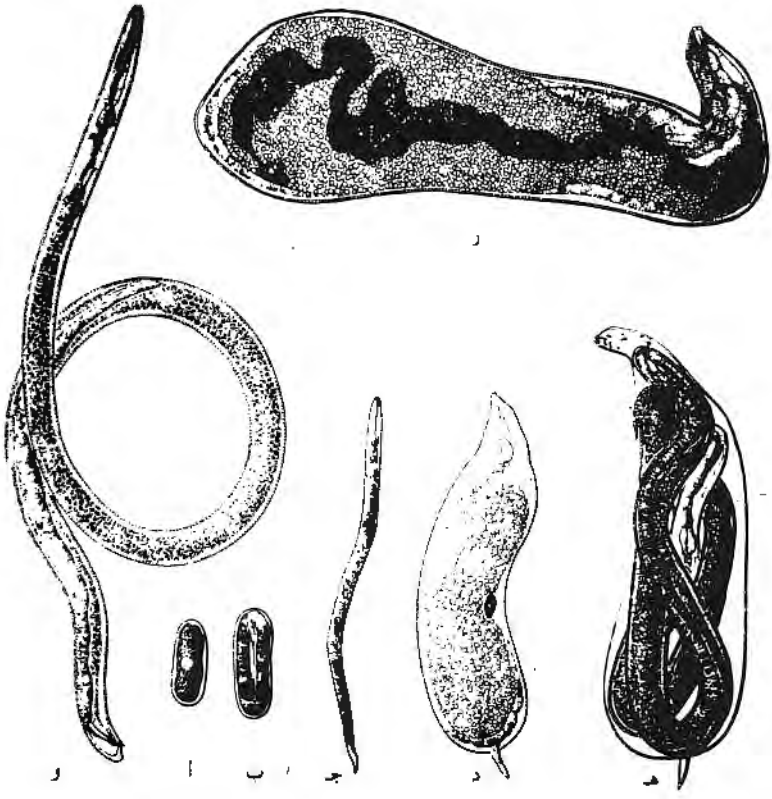
Meloidogyne incognita
M. arenaria
M. javanica
M. hapla

تنتشر الأنواع الثلاثة الأولى فى المناطق الحارة التى يكون معدل درجة الحرارة القصوى فيها ٣٦°م أو أقل ، بينما يوجد النوع الرابع فى المناطق الباردة التى يصل فيها انخفاض درجة الحرارة إلى -١٥°م ، لكنها لا تنتشر إلا فى المناطق التى يكون معدل

درجة الحرارة القصوى فيها أقل من ٢٧م ، وهى التى تقع شمال خط عرض ٣٥° شمالا ، وجنوب خط عرض ٣٥° جنوبا (Taylor وآخرون ١٩٨٢) .

دورة الحياة

يوضح شكل (٧ - ٤) المراحل التطورية المختلفة فى دورة حياة نيماتودا تعقد الجذور (عن Sasser ١٩٥٤) .

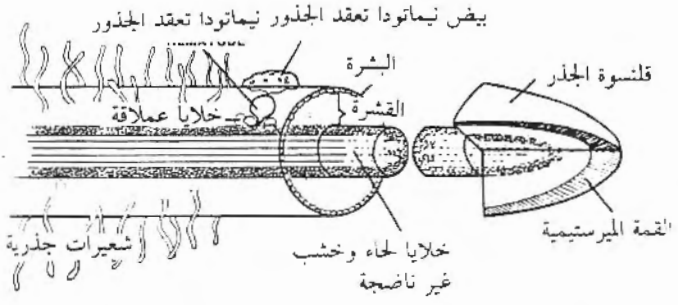


شكل (٧ - ٤) : المراحل التطورية المختلفة فى دورة حياة نيماتودا تعقد الجذور.

يتكون الطور اليرقى الأول داخل البيضة ، وينسلخ ليعطى الطور اليرقى الثانى ، الذى يخرج منها ليبحث عن العائل ويبدأ التغذية (شكل ٧ - ٤ أ ، ب ، جـ) . وإذا تطورت اليرقة إلى ذكر فإنه يعيش متطفلا داخل جذر العائل لعدة أسابيع ، ثم

ينسلخ ثلاثة انسلاخات سريعة ومتعاقبة قبل أن يغادر الجذر ؛ ليعيش حرا فى التربة بعد ذلك (شكل ٧ - ٤ هـ ، و) . أما اليرقات التى تتطور إلى إناث فإنها تبقى بعد الإنسلاخ داخل الجذر ، وتزداد كثيرا فى الحجم . وتصبح الإناث كمثرية الشكل بعد حوالى ثلاثة أسابيع من اختراقها للجذور (شكل ٧ - ٤ د ، ز) . وتؤدى تغذيتها - وكذلك تغذية الذكور - إلى تكوين الخلايا العملاقة ، التى يتجمع فيها الغذاء اللازم لتغذية إناث النيماتودا .

يمكن للطور اليرقى الثانى 2nd stage larvae - الذى يفقس من البيض - أن يتحرك لمسافة ٦٠ - ٩٠سم فى الأراضى الرطبة . وهى تخترق الجذر خلف قمته النامية مباشرة (شكل ٧ - ٥) . وفى داخل الجذر . . تفرز اليرقات إفرازات لعابية تدفع بعض الخلايا إلى التعملق ، وتلك الخلايا هى التى تمد النيماتودا بالغذاء . هذا . . بينما تنقسم الخلايا الأخرى المحيطة بها ؛ لتكون العقدة الجذرية . ومع نضج الأنثى فإنها تتضخم وتفقد القدرة على الحركة .



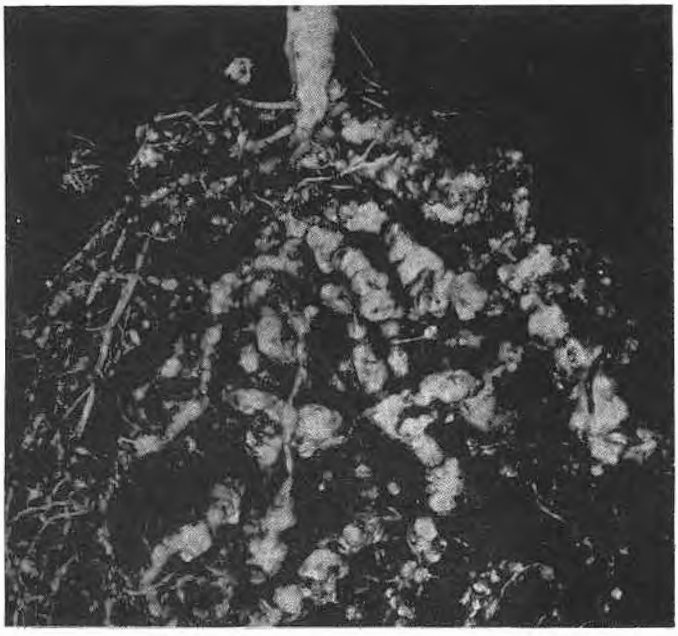
شكل (٧ - ٥) : حدوث الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور خلف القمة النامية للجذر مباشرة (عن Mckenry & Roberts ١٩٨٥) .

لا توجد إناث نيماتودا تعقد الجذور إلا فى العقد الجذرية ، وهى كمثرية الشكل تبلغ حوالى ١,٥ مم طولا . وفى الظروف الطبيعية تكون الذكور نادرة الوجود ، ولا يكون وجودها ضروريا للتكاثر .

وعند بلوغ الإناث فإن نهايتها الخلفية إما أن تظهر على سطح أنسجة العقدة ، وإما أن تكون قريبةً جدا من السطح . وتضع الأنثى بيضها فى كيس جيلاتينى يحيط بالفتحة التناسلية (عن Univ. Calif. ١٩٨٥ ، وروبرتس وبوثرويد ١٩٨٦) .

أعراض الإصابة

إن أبرز أعراض الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور (أهم الأنواع : M. incognita ، و M. javanica ، و M. arenaria) هو تكون العقد الجذرية (أشكال ٧ - ٦ ، و٧ - ٧ ، و٧ - ٨) ، لكن وجود هذه العقد لا يعنى بالضرورة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور ؛ لأنها قد تظهر أيضا فى الحالات التالية :



شكل (٧ - ٦) : أعراض الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور (M. incognita) فى الفاصوليا .

١ - عند الإصابة بأنواع أخرى من النيماتودا منها : Ditylenchus و Meloidodera و Nacobbus .

٢ - عند الإصابة بتدرن الجذور المتسبب عن الفطر Plasmodiophora brassicae .

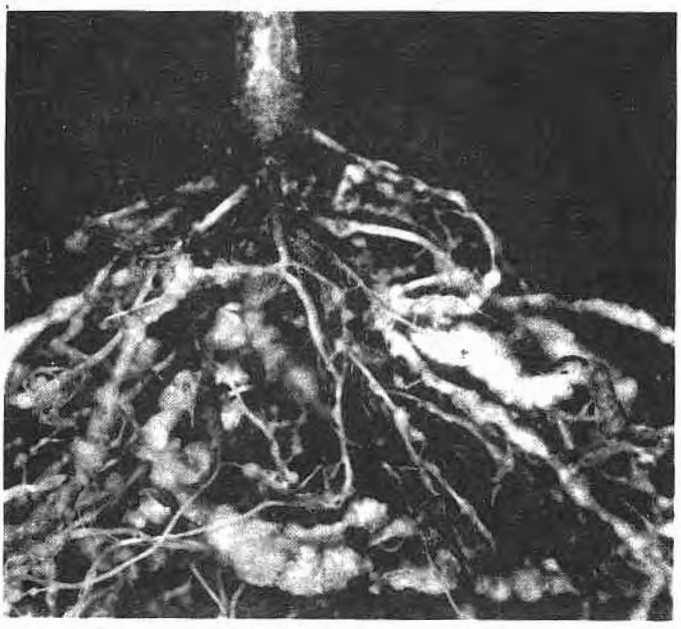
٣ - بواسطة بكتيريا العقد الجذرية فى البقوليات (Taylor & Sasser ١٩٧٨) .

شكل (٧ - ٧) : أعراض الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور فى الجزر(عن Taylor & Sasser ١٩٧٨) .

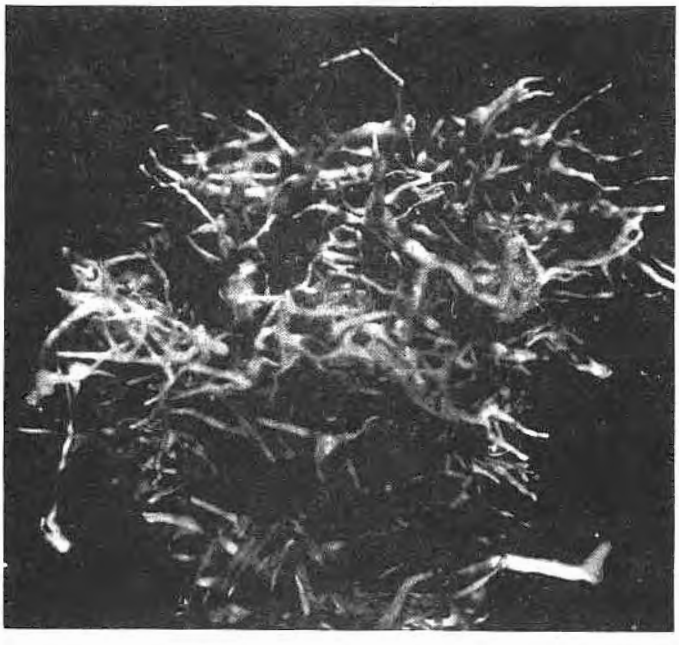
ولكن بخلاف العقد الجذرية التى تحدثها نيماتودا تعقد الجذور ، والتى تتوسط الجذر ويكون التضخم متناظرا على جانبى الجذر ، فإن العقد الجذرية التى تسببها بكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى فى جذور البقوليات تبرز دائما من أحد جوانب الجذر .

أما نوع نيماتودا تعقد الجذور M. hapla فإنها تتسبب فى إحداث تفرعات جذرية كثيفة وتكوين بعض العقد الجذرية الصغيرة (شكلا : ٧ - ٩ ، و٧ - ١٠) .

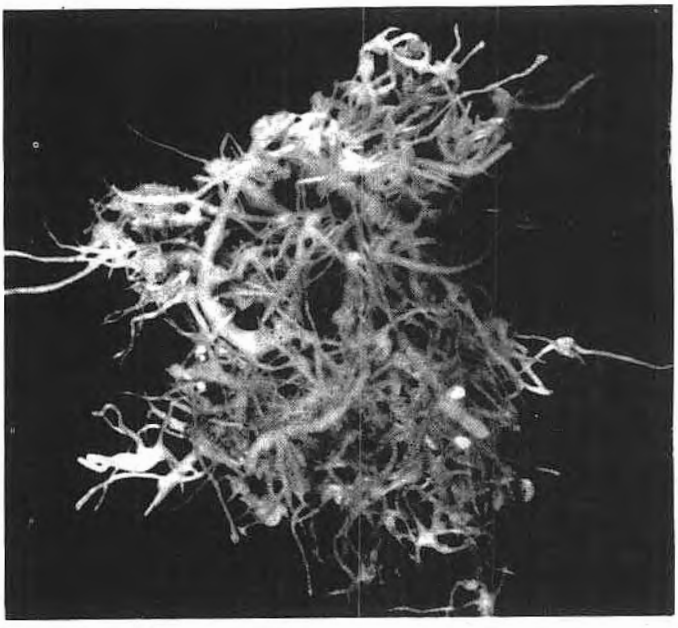
يتراوح قطر العقدة الجذرية الواحدة بين ملليمتر واحد أو ملليمترين و٢,٥سم . وعادة يكون المجموع الجذرى للنباتات المصابة بالنيماتودا ضعيفا ، ويظهر به عدد كبير



شكـل (٧ – ٨) : أعراض الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور (M. javanica) فى الطماطم .



شكـل (٧ – ٩) : أعراض الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور (M. hapla) فى الفاصوليا .



شكل (٧ - ١٠) : أعراض الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور (M. hapla) فى الطماطم (عن Sasser ١٩٥٤) .

- نسبيا - من الجذور الجانبية السطحية . هذا بينما يظهر على النموات الهوائية أعراض التقزم ، والاصفرار ، والذبول غير الطبيعى . ويزداد ظهور هذه الأعراض حينما تبدأ النباتات فى الإثمار .

تستنفذ العقد الجذرية طاقة النبات وموارده أثناء تكوينها ، وتحد من امتصاص النبات للماء والعناصر الغذائية ؛ الأمر الذى ينعكس سلبيا على المحصول . ويزداد الضرر عندما تكون إصابة النباتات فى طور البادرة . ويكون الضرر - عادة - كبيرا عندا تكون نسبة الرمل فى التربة ٥٠٪ أو أكثر من ذلك (University of California ١٩٨٥) .

ففى الطماطم وجد Barker وآخرون (١٩٨٦) أن الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور فى أرضٍ صفراء رملية أحدثت نقصا فى المحصول بلغ ٨٥٪ عند الإصابة بالنوع M. incognita ، و٥٠٪ عند الإصابة بالنوع M. hapla ، لكن مقدار النقص اختلف كثيرا - باختلاف موقع التجربة ، وتعداد النيماتودا بالحقل - بين ٥,١٠٪ و٨٥٪ .

العوامل المؤثرة فى شدة الإصابة

تتأثر شدة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور بالعوامل التالية :

١ - درجة الحرارة :

يمكن أن يعيش النوع M. hapla فى التربة المتجمدة ، ويتكاثر فى حرارة تتراوح بين ١٥م و٢٨م ، لكنه لا يعيش فى المناطق التى يزيد فيها الحد الأقصى لدرجة الحرارة صيفا عن ٢٧م . أما الأنواع الأخرى ، فيمكنها أن تعيش فى حرارة تتراوح بين صفر و٥م ، ولكنها لا تصيب النباتات ، ولا تتكاثر إلا فى درجات الحرارة الأعلى من ذلك . ويمكن القول إن حرارة ٥م هى الحد الأدنى للإصابة بـ M. hapla وأن الدرجة المثلى للإصابة تتراوح بين ١٥م و٢٠م ، وللتكاثر بين ٢٠م و٢٥م ، وأن الحد الأقصى هو ٣٥م . أما باقى الأنواع ، فتزيد درجات الحرارة المناسبة لها عن تلك الحدود بنحو ٥ درجات مئوية .

٢ - الرطوبة الأرضية :

تعتمد النيماتودا على الرطوبة الأرضية فى البقاء والنشاط، وتموت اليرقات والبويضات فى التربة الجافة ، لكنها تظل حية ما دام محتوى الأرض من الماء بالقدر الذى يكفى لإبقاء الرطوبة النسبية لهواء التربة فى حدود ١٠٠٪ . وتفقس اليرقات وتتحرك بسهولة فى الأرض ،طالما وجد غشاء مائى حول حبيبات التربة . وعند نقص الرطوبة يقل التنفس ، وتقل حركة اليرقات فى التربة ، كما تحدث تأثيرات مماثلة فى حالات الغدق .

٣ - pH التربة :

تعيش النيماتود جيدا فى مدى pH من ٤ - ٨ ؛ أى إن الـ pH المناسب للنيماتودا هو أيضا فى المجال المناسب للنمو النباتى .

٤ - طبيعة التربة

تكون شدة الإصابة فى الأراضى الرملية الخشنة أعلى - دائما - منها فى الأراضى الثقيلة ، التى لا تتحرك فيها النيماتودا بحرية كما فى الأراضى الرملية .

أعداد النيماتودا فى التربة : أهميته والعوامل المؤثرة فيها

تحتاج نيماتودا تعقد الجذور إلى نحو ٦٠ - ٧٠ ساعة حرارية تزيد فيها حرارة التربة عن ١٠م لكى تكمل دورة حياتها ؛ مما يعنى أنه يلزم مرور نحو ٣ - ٤ أسابيع لاستكمال دورة حياة النيماتودا حيما تكون التربة دافئة ورطبة . وبالرغم من أن النيماتودا يمكنها النمو فى درجات الحرارة الأكثر انخفاضا . إلا أن اليرقات لا يمكنها اختراق الجذور فى حرارة تقل عن ١٨م

وعندما يُصاب أحد عوائل النيماتودا فإن أعدادها تزداد بمعدل يتوقف على كل من نوع التربة ، والمناخ السائد ، وأعداد النيماتودا التى كانت متواجدة أصلا فى الحقل فى بداية موسم النمو ؛ حيث تكون معدلات الزيادة فى أعداد النيماتودا أعلى فى الأراضى الرملية الخشنة ، وفى الحرارة العالية ، وعندما تكون أعدادها عالية منذ البداية . وتنخفض أعداد النيماتودا - عادة - بمقدار ٨٠/ - ٩٠/ خلال فصل الشتاء ، ويكون معظم المتبقى منها فى صورة بيض ويرقات الطور الثانى .

وتكون الأعداد التى تصل إليها النيماتودا - عدة - فى نهاية موسم نمو دافىء فى تربة رملية مزروعة بأحد أصناف الطماطم القابلة للإصابة بالنيماتودا - عندما تختلف أعدادها فى بداية موسم النمو - كما يلى (أعداد البيض ويرقات الطور الثانى / كجم تربة) .

العدد فى بداية الموسم	العدد فى نهاية الموسم
١	١
٢	٢
٣	٢
٥	٢٣

العدد فى بداية الموسم	العدد فى نهاية الموسم
١٠٠	٢٨٠٠٠
١٥٠	٣٢٠٠٠
٢٠٠	٣٥٠٠٠
٢٥٠	٣٧٠٠٠
٣٠٠	٣٩٠٠٠
٤٠٠	٤٢٠٠٠
٥٠٠	٤٥٠٠٠
٦٠٠	٤٧٠٠٠
٧٠٠	٤٩٠٠٠
٨٠٠	٥١٠٠٠
٩٠٠	٥٣٠٠٠
١٠٠٠	٥٤٠٠٠

وتوجد علاقة عكسية بين أعداد النيماتودا فى التربة قبل الزراعة والمحصول المتوقع ؛ ولذا . . يتعين دائما - عندما تكون حقول الخضر ملوثة بنيماتودا تعقد الجذور - أخذ عينات من التربة قبل الزراعة لتحديد أعداد النيماتودا التى توجد فيها ، والتى يمكن - على أساسها - التنبؤ بالنقص المتوقع فى المحصول (جدول ٧ - ٣) .

تؤخذ عينات الفحص حتى عمق ٤٥سم ، مع أخذ أجزاء من جذور النباتات والحشائش التى قد تكون نامية ، وتجنب المناطق التى تكون فيها التربة زائدة الرطوبة أو شديدة الاندماج ، وكذلك تستبعد الطبقة السطحية الجافة من التربة ، وتقتصر العينة على التربة الرطبة فقط .

وتبعا لنتيجة الفحص الأولى (السابق للزراعة) للتربة ، فإنه يمكن - بالاستعانة بجدول (٧ - ٣) - التنبؤ بمقدار النقص المتوقع فى المحصول . وبناءً على ذلك ، وكذا على معرفة المنتج بمقدار المحصول الطبيعى للصنف المزمع زراعته ، فإنه يستطيع اتخاذ القرار المناسب بشأن المكافحة الكيميائية ، من حيث كونها اقتصادية ، أم غير اقتصادية بالنسبة لظروفه (University of California ١٩٨٥) .

جدول (٧ ٣) تأثير أعداد النيماتودا (بيض ويرقات الطور الثانى / كجم تربة) فى بداية فصل النمو (فى الربيع) فى تربة رملية على محصول الطماطم من صنف قابل للإصابة .

أعداد النيماتودا فى بداية الموسم	المحصول المتوقع (٪ من المحصول الطبيعى)
صفر – ٢٥	١
٥	٩٨
١	٩٥
١٥٠	٩١
٢	٨٨
٢٥	٨٥
٣	٨٢
٣٥	٧٩
٤	٧٧
٤٥	٧٤
٥	٧٢
٥٥	٦٩
٦	٦٧
٦٥	٦٥
٧	٦٣
٧٥	٦١
٨	٦
٨٥	٥٨
٩	٥٦
٩٥	٥٥
١٠	٥٣

مصادر إضافية خاصة بنيماتودا تعقد الجذور

من أهم المصادر التى يمكن الرجوع إليها – لمزيد من التفاصيل عن نيماتودا تعقد الجذور – ما يلى :

المرجع	الموضوع
Sasser (١٩٥٤)	أهم الأنواع
Taylor & Sasser (١٩٧٨)	شامل
Eisenback وآخرون (١٩٨١)	بيولوجى وسلالات نيماتودا تعقد الجذور
Taylor وآخرون (١٩٨٢)	التوزيع الجغرافى لنيماتودا تعقد الجذور
Mckenry & Roberts (١٩٨٥)	موجز واف
Sasser & Carter (١٩٨٥)	بيولوجى ومكافحة نيماتودا تعقد الجذور - متقدم
Barker وآخرون (١٩٨٥)	طرق دراسة نيماتودا تعقد الجذور - متقدم
Webster (١٩٨٥)	التفاعل مع الفطريات

النيماتودا المكونة للحوصلات

تصاب الصليبيات بنوعين من النيماتودا المكونة للحوصلات ؛ هما : نيماتودا بنجر السكر Heterodera schachtii ، ونيماتودا الكرنب المكونة للحوصلات H. crucifera . يصيب النوع الأول عدة أنواع نباتية أخرى غير الصليبيات ؛ منها : بنجر السكر ، وبنجر المائدة ، والسبانخ ، بينما لا يصيب النوع الثانى سوى الصليبيات .

وكما فى نيماتودا تعقد الجذور . . فإن الإصابة بالنيماتودا المكونة للحوصلات تبدأ بالطور اليرقى الثانى - بعد فقس البيض مباشرة - حيث تخترق الجذور بعد القمة النامية مباشرة . تتلف النيماتودا أنسجة الجذور أثناء تغذيتها ، وتنمو الإناث منها لتصبح حوصلات cysts ، بنية اللون ، ممتلئة بالبيض ، تظل عالقة بالجذور ، أو تسقط منها بعد تحللها ، ويمكن رؤيتها بسهولة بالاستعانة بعدسة مكبرة . يمكن للبيض أن يعيش فى التربة لعدة سنوات ، ويفقس ٤٠٪ - ٦٠٪ منه سنويا فى الظروف المناسبة .

يمكن لنيماتودا بنجر السكر المكونة للحوصلات أن تتكاثر فى مدى حرارى يتراوح بين ١٠م و٣٢م ، ولكن المجال المناسب يتراوح بين ٢١م و٢٧م . أما نيماتودا الكرنب المكونة للحوصلات . . فتحتاج إلى جو بارد نسبيا ، وتعيش كلتاهما فى مختلف أنواع الأراضى من الرملية إلى الطينية ، والعضوية .

تؤدى الإصابة إلى تلف المجموع الجذرى ؛ مما يؤدى إلى تقزم البادرات ونقص محصول النباتات البالغة . وتظهر الإصابة فى الحقل على شكل مناطق تكون فيها النباتات متقزمة ، وتزداد المساحة التى تظهر بها هذه الأعراض موسما بعد آخر . وتتشابه أعراض المرض مع الأعراض التى يسببها غدق التربة وارتفاع مستوى الماء الأرضى ؛ حيث تكون النموات الخضرية شاحبة ، ثم تصبح صفراء اللون ، وتذبل فى الجو الحار ، وعند نقص الرطوبة الأرضية ، وتكون الرءوس المتكونة صغيرة الحجم .

وتكافح النيماتودا بمراعاة ما يلى :

١ - ينتقل البيض بسهولة على الآلات الزراعية الملوثة به ، ومع التربة ، وماء الرى ؛ لذا . . يجب اتخاذ الاحتياطات التى تمنع انتقال النيماتودا بأى من هذه الطرق ؛ فتغسل الآلات الزراعية جيدا ، ويوقف نقل التربة من الحقول الملوثة ، ويتجنب تحرك الماء السطحى خارج الحقول الملوثة ؛ نظرا لأن الحوصلات الجافة تطفو على سطحه .

٢ - عدم تغذية الماشية على النباتات المصابة ؛ لأن الحوصلات يمكن أن تمر من القناة الهضمية للحيوان دون أن تتأثر حيوية البيض فيها .

٣ - حرث بقايا النباتات المصابة عميقا فى التربة .

٤ - تفيد الدورة الزراعية مع النيماتودا المكونة للحوصلات ؛ لأن مدى عوائلها قليل نسبيا ، ويقل تعدادها بمقدار ٥٠٪ سنويا فى غياب العائل ؛ حيث يفقس ٤٠٪ - ٦٠٪ من البيض سنويا ، ثم تموت اليرقات .

٥ - تعقيم المشاتل ببروميد الميثايل ، ومعاملة تربة الحقل قبل الزراعة بالمبيد 1,3-Dichloropropene . تكون المعاملة الحقلية أكثر فاعلية فى الأراضى الخشنة القوام ، وفى الجو المعتدل والدافىء الذى تتراوح حرارته بين ١٠°م و٢٢°م . ويفضل أن تكون التربة رطبة نوعا ما (بها حوالى ٤٠٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية) عند المعاملة (عن University of California ١٩٨٧) .

أنواع نيماتودية أخرى

نذكر - فيما يلى - أعراض الإصابة بثلاثة أنواع نيماتودية أخرى ، وطرق مكافحتها ، مع التركيز على نبات الفراولة ، الذى يعد من أكثر محاصيل الخضر تعرضا للإصابة بها ؛ وهى كما يلى :

النيماتودا الواخزة

تصيب النيماتودا الواخزة Sting Nematodes من النوع Belonolaimus gracilis نباتات الفراولة فى المناطق الحارة والدافئة . وتتغذى النيماتودا بوخز الجذور بواسطة رماحها ، بينما تبقى هى خارج الجذر . وتؤدى الإصابة إلى تلون سطح الجذر ببقع بنية اللون ، وقد يتلون الجذر كله ، وتموت الجذور الصغيرة .

وتكافح النيماتودا بمراعاة ما يلى :

١ - زراعة شتلات معتمدة خالية من الإصابات النيماتودية .

٢ - تعقيم التربة قبل الزراعة بمخلوط بروميد المثايل والكلوروبكرن .

٣ - إجراء العزق (خربشة) - أى سطحيا - حتى لا تنقطع الجذور السليمة .

٤ - الرى المنتظم ، وعدم تعريض النباتات لأى نقص فى الرطوبة الأرضية .

٥ - العناية بالتسميد (McGrew ١٩٥٩) .

نيماتودا الأوراق

تصاب الفراولة بنوعين من نيماتودا الأوراق Leaf Nematodes ؛ هما : Aphelen-choides fragariae الذى يسبب مرض التقزم الربيعى spring dwarf ، و A. besseyi الذى يسبب مرض التقزم الصيفى summer dwarf . ويعيش نوعا النيماتودا داخل الأوراق البرعمية ، ويتغذيان بامتصاص العصارة منها . تؤدى الإصابة إلى تقزم النباتات وتشوهها ، وتظهر الأعراض بعد نمو البراعم المصابة .

يظهر المرض غالبا عند زراعة شتلات مصابة ويمكن للنوع الثانى فقط (A. besseyi) أن يبقى فى التربة لعدة أشهر ؛ وذلك لينشر الإصابة من الموسم الزراعى السابق إلى الموسم الجديد . كما يمكن أن تنتشر النيماتودا مع ماء الرى السطحى ، وماء الصرف .

تتميز الأوراق التى تنمو من البراعم المصابة بأنها ضيقة ، وملتفة ، ولامعة ، وأن أعناقها قصيرة . ولا يتكون سوى القليل من البراعم الزهرية . وتموت بعض النباتات المصابة ، ولكن معظمها يعيش ويبقى إنتاجه منخفضا .

وتكافح نيماتودا الأوراق بمراعاة ما يلى :

أ - زراعة شتلات معتمدة خالية من الإصابة .

ب - اقتلاع النباتات المصابة بمجرد ملاحظتها .

نيماتودا الساق والبراعم

تصاب الفراولة بنيماتودا الساق والبراعم Stem and Bud Nematodes من النوع Ditylenchus dipsaci ؛ حيث تتشوه أوراق النباتات المصابة ، وتكون أعناقها قصيرة ، وسميكة . كما تتقزم النباتات ، وتكون قليلة المحصول . تظهر الأعراض - عادة - على أجزاء النبات التى تنمو مبكرة فى بداية الموسم ، وتشتد الإصابة فى الجو الرطب المائل إلى البرودة .

ويكافح المرض باقتلاع النباتات المصابة والتخلص منها خارج الحقل ، وعدم زراعة شتلات مصابة ، وعدم الزراعة فى حقول سبق أن ظهرت بها إصابة بهذا النوع من النيماتودا على الفراولة ، أو المحاصيل الأخرى القابلة للإصابة به ؛ مثل البصل والثوم .

مصادر إضافية عن النيماتودا

لمزيد من التفاصيل عن النيماتودا الزراعية ومكافحتها . . يراجع ما يلى :

المرجع	ملاحظات
Southey (١٩٥٩)	عام
Goody (١٩٦٣)	الطرق المستخدمة فى دراسة النيماتودا
Sasser (١٩٧١)	شامل للأمراض النيماتودية ومكافحتها
Nigh (١٩٧٥)	التفاعل بين النيماتودا والمسببات المرضية الأخرى
Redewald (١٩٧٨)	شامل للأمراض النيماتودية
شافعى والشريف (١٩٧٩)	شامل
Dropkin (١٩٨)	شامل لأساسيات النيماتولوجى