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 :

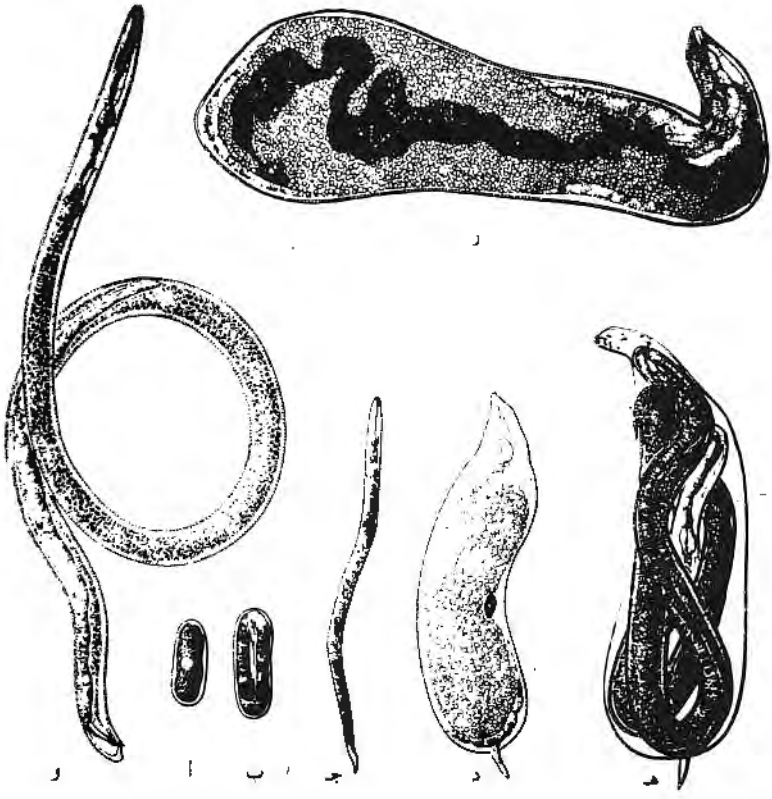
Meloidogyne incognita
M. arenaria
M. javanica
M. hapla

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 ) .

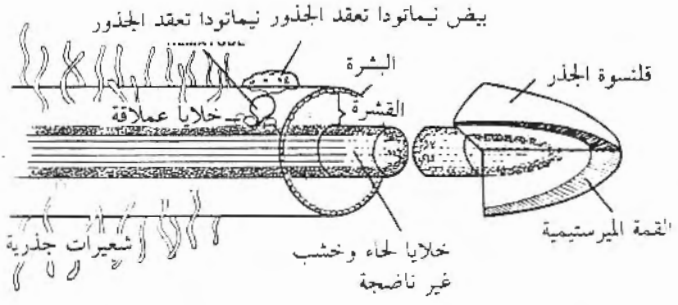



شكل ( ٧ - ٤ ) : المراحل التطورية المختلفة فى دورة حياة نيماتودا تعقد الجذور.

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 .



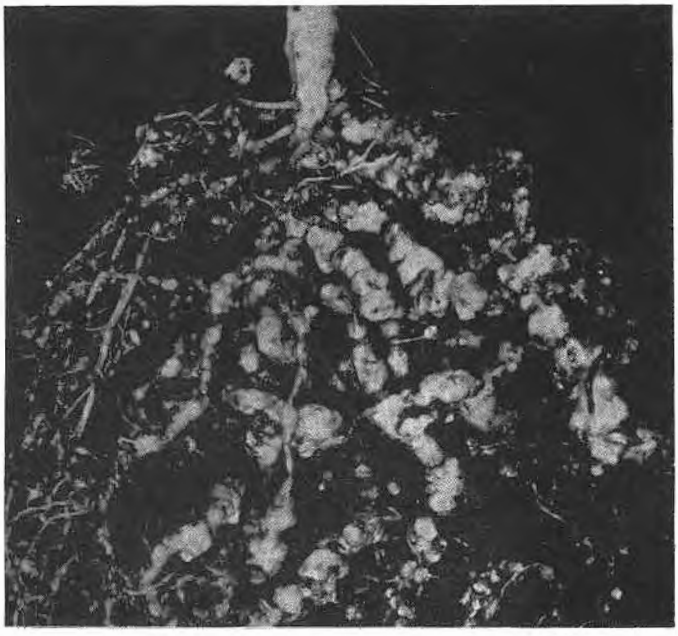

شكل (٧ - ٥ ) : حدوث الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور خلف القمة النامية للجذر مباشرة ( عن Mckenry & Roberts ١٩٨٥ ) .

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 .

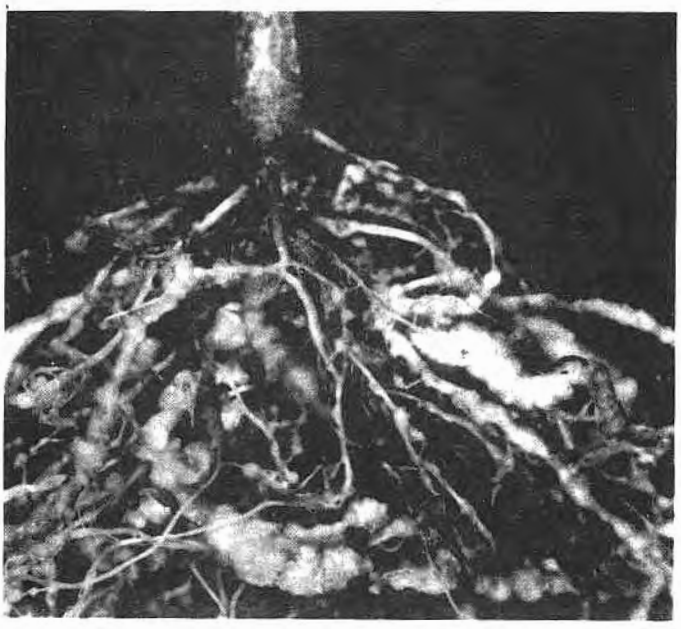
٣ - بواسطة بكتيريا العقد الجذرية فى البقوليات ( Taylor & Sasser ١٩٧٨ ) .

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

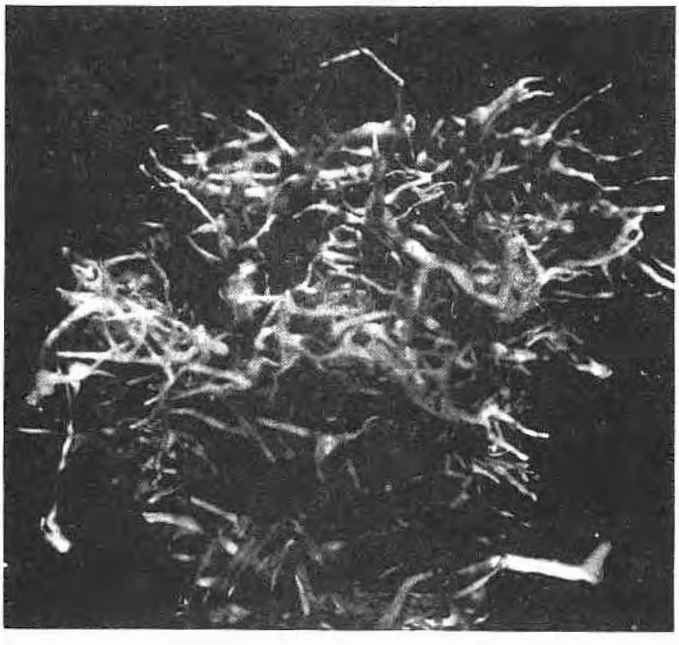
ولكن بخلاف العقد الجذرية التى تحدثها نيماتودا تعقد الجذور ، والتى تتوسط الجذر ويكون التضخم متناظرا على جانبى الجذر ، فإن العقد الجذرية التى تسببها بكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى فى جذور البقوليات تبرز دائما من أحد جوانب الجذر .

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

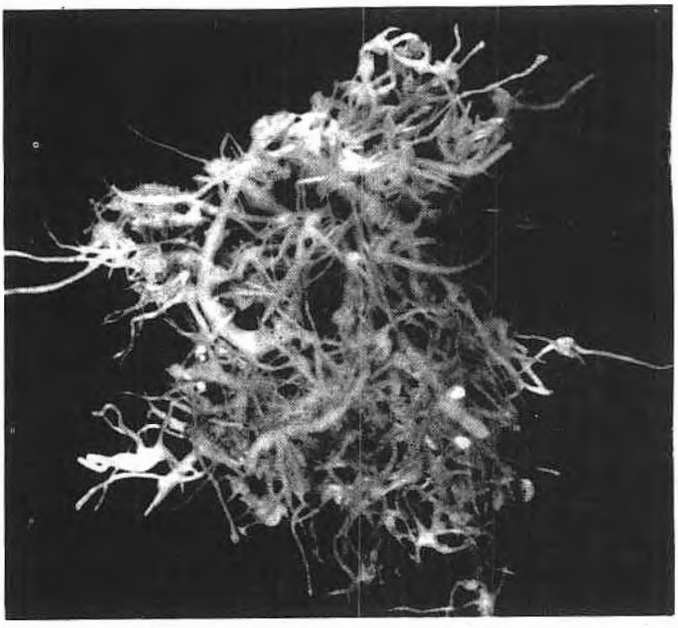
يتراوح قطر العقدة الجذرية الواحدة بين ملليمتر واحد أو ملليمترين و٢,٥سم . وعادة يكون المجموع الجذرى للنباتات المصابة بالنيماتودا ضعيفا ، ويظهر به عدد كبير



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 .