

أمراض الجذور

Root Diseases

سنتناول في هذا الفصل والفصل الذي يليه - بشيء من الإيجاز - مختارات لبعض أهم الأمراض (أو الأضرار) على المجموع الجذري والخضري للمحاصيل الاقتصادية، التي تسببها أهم أجناس نيماتودا النبات وأكثرها انتشاراً في منطقتنا العربية. وكما ذكرنا في الفصل السابق، فإن شدة المرض وانتشاره تحددهما عوامل متعددة، منها نوع النيماتودا وكثافتها في التربة، والصنف النباتي ودرجة قابليته أو تحمله للإصابة، والظروف البيئية المحيطة ومدى ملاءمتها للإصابة. ولهذا نجد أن مرضاً نيماتودياً معيناً يمكن أن يكون شديداً أو منتشرًا في منطقة معينة أو في موسم ملائم، ولكنه ليس كذلك في مناطق أو مواسم أخرى. كما يجب أن نشير إلى أن الأضرار التي تسببها النيماتودا على عوائلها المختلفة لا تقتصر على تلك الأضرار المباشرة التي تحدثها النيماتودا، بل تتعداها إلى مشاركة النيماتودا بشكل فعال في كثير من الأضرار والأمراض المركبة، نتيجة لتعاون النيماتودا مع غيرها من الأحياء الأخرى، وفي كثير من هذه الحالات تنجو النيماتودا من أصابع الاتهام، في الوقت الذي تكون فيه هي الباديء والمعرض أو حتى الناقل.

Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.)

تسبب الأنواع المختلفة من جنس *Meloidogyne* مرض تعقد الجذور **Root-Knot** على الآلاف من النباتات في جميع أنحاء العالم. وتعتبر نيماتودا تعقد الجذور أهم نيماتودا نباتية على الإطلاق، كما يعتبرها الكثير من علماء أمراض النبات أحد أهم وأخطر خمسة مسببات مرضية اقتصادية في العالم. وتعود تلك الأهمية إلى عدة عوامل لعل من أهمها انتشارها الواسع في جميع أنحاء العالم، ومداه العائلي الواسع، وكذلك تعاونها مع الأحياء الأخرى - وخاصة الفطريات والبكتيريا- في إحداث الكثير من الأمراض النباتية المركبة التي يصعب مكافحتها، بالإضافة إلى قدرتها على كسر مقاومة النباتات لبعض الأمراض الأخرى، أو إضعاف النباتات وتهيئتها للإصابة بأحياء ثانوية غير قادرة على الإصابة وحدها. تسبب هذه النيماتودا خسائر اقتصادية فادحة للمحاصيل الزراعية، خاصة في المناطق الدافئة والأراضي الرملية، قد تصل إلى تلف كامل للمحصول. وتشكل نيماتودا تعقد الجذور جزءاً كبيراً ومهماً في علم نيماتودا النبات، وقد تم وضع عدة مؤلفات خاصة بها، وقامت حولها عدة مشروعات بحثية كبيرة وطنية ودولية، لعل من أهمها المشروع الدولي (IMP) تحت إشراف البروفسور ساسر **Sasser** في الولايات المتحدة الأمريكية الذي شاركت فيه بضعة أقطار عربية.

تتميز الإناث عن الذكور واليرقات، حيث تتخذ الإناث الناضجة شكلاً كمثرياً بينما تحتفظ الذكور واليرقات بشكلها الدودي (الشكل رقم ٥٤). ويستدق الطرف

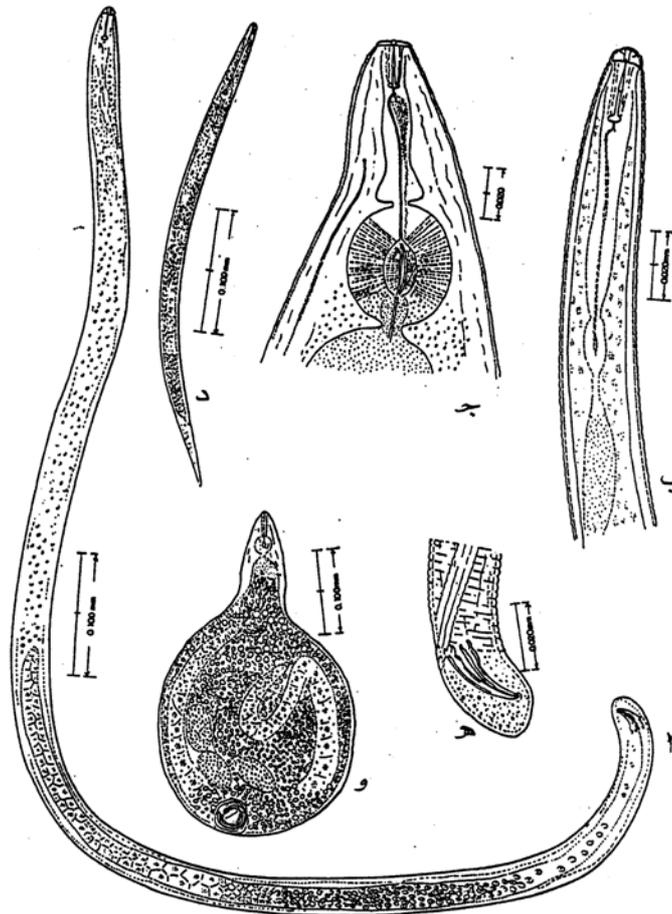
الأمامي للأنتى قليلاً ليشكل منطقة عنق ضيقة ورأساً متحركاً، ويبلغ متوسط طول جسمها حوالي ٧٠٠ ميكرون بقطر حوالي ٤٠٠ ميكرون، كما يتميز المريء في الأنتى بضخامة البصلة الوسطى وفي حجم غدده القاعدية. أما الذكور فهي دودية الشكل، ليس لها جراب تناسلي، وطولها حوالي ١٤٠٠ ميكرون بقطر ٣٠ ميكرون، بينما يبلغ متوسط طول اليرقات ٤٠٠ ميكرون بقطر ١٥ ميكرون. يوضع البيض في كتل جيلاينية تفرزها غدد المستقيم من فتحة الشرج، ويحتوي كيس البيض الواحد على ٣٠٠-٥٠٠ بيضة.

-

تصيب الأنواع المختلفة من هذه النيमतودا ما لا يقل عن ٢٥٠٠ نوع نباتي، تشمل جميع أنواع المحاصيل الاقتصادية المزروعة تقريباً، وكذلك الكثير من الأشجار ونباتات الزينة والحشائش. ويكاد لا يخلو أي نبات اقتصادي مزروع من الإصابة بواحد أو أكثر من أنواع هذه النيमतودا. وتعتبر نيमतودا تعقد الجذور غير متخصصة بصورة عامة، إلا أن هناك عدداً محدوداً من أنواعها (مثل *M. ovalis*, *M. exigua*). يعتبر متخصصاً إلى حد ما، حيث يصيب عدداً محدوداً من نباتات معينة.

-

يعرف حتى الآن ما لا يقل عن ٨٠ نوعاً من نيमतودا تعقد الجذور، بعضها منتشر في جميع أنحاء العالم، والبعض الآخر يتركز في مناطق بيئية معينة. ولا يكاد يمر عام واحد - وخاصة في السنوات القليلة الماضية - دون اكتشاف بضعة أنواع جديدة منها.



Meloidogyne sp. ()

() () () ()

() ()

(Taylor, 1967 :)

وتعتبر الأنواع الأربعة التالية *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. javanica*, *M. incognita* هي الأنواع الرئيسة والأكثر شيوعاً في الأراضي الزراعية، حيث تشكل هذه الأنواع الأربعة أكثر من ٩٥٪ من أنواع نيماتودا تعقد الجذور في الأراضي الزراعية في العالم. ويتبع النوع *M. incognita* أربع سلالات مرضية، بينما يتبع النوع *M. arenaria* سلالتان (الجدول رقم ٤).

هناك عدة طرق تستخدم للتمييز بين الأنواع المختلفة من نيماتودا تعقد الجذور، بعضها يعتمد على الصفات المورفولوجية مثل النمط العجاني للأنثى، وشكل الرأس في الذكر، والشكل المورفولوجي للرمح. فيما يعتمد البعض الآخر على الصفات الوراثية كعدد الكروموسومات وطريقة التكاثر، أو الصفات الكيموحيوية، أو على القدرة الإمراضية للنوع على عوائل نباتية مفرقة. وتعتبر طريقة النمط العجاني للأنثى وطريقة العوائل المفرقة من أهم الطرق وأكثرها استخداماً.

Perineal Pattern

النمط العجاني عبارة عن الشكل المورفولوجي لمؤخرة جسم الأنثى الذي يوضح شكل وترتيب تخطيط الكيوتيكل في هذه المنطقة من الجسم، بالإضافة إلى نهاية الذيل، والفتحات الفازميديية، والخطوط الجانبية للحقل الجانبي، وكذلك فتحتا الشرج والجهاز التناسلي (الشكل رقم ٥٥). ويتميز كل نوع من أنواع هذه النيماتودا بنمط عجاني ذي شكل خاص به، كما هو الحال في بصمات أصابع الإنسان.

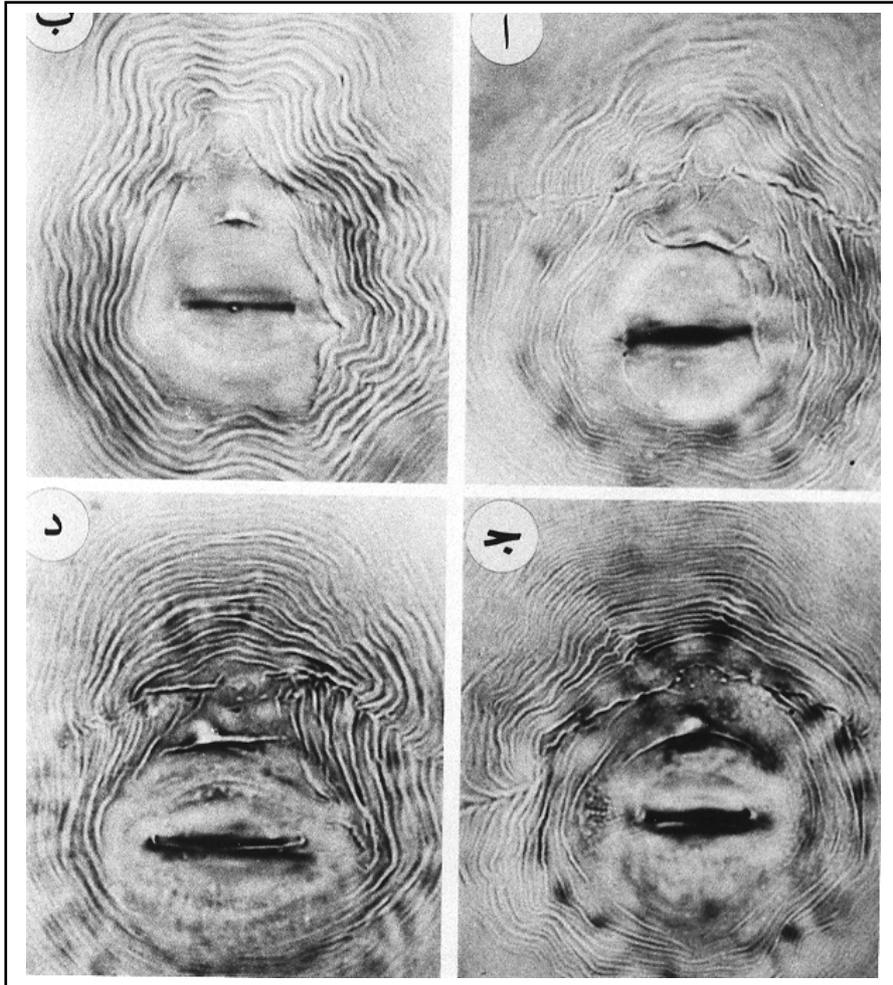
يختلف كل نوع في الشكل العام للنمط العجاني (مستدير، بيضي، كمثري، قوسي)، وكذلك في وجود - أو عدم وجود تراكيب في منطقة الحقلين الجانبيين أو تنقيط حول نهاية الذيل. وكذلك في شكل تخطيط الكيوتيكل (ناعم، مستمر، متقطع،

متموج، متعرج) بالإضافة إلى وجود - أو عدم وجود - أجنحة على جانب، أو كلا جانبي، النمط (الشكل رقم ٥٥ أ - د).

يعتبر استخدام النمط العجاني في التمييز بين جميع الأنواع طريقة سريعة، لكنها طريقة تحتاج إلى مهارة فنية في عمل النمط، وخبرة في التمييز بين الأنماط، التي أحياناً ما تتشابه كثيراً، لكنها لا تميز بين السلالات داخل النوع الواحد. وهناك عدة محاولات حديثة لتحسين الطريقة وزيادة كفاءتها.

Differential Host Test

وهو اختبار خاص لتمييز الأنواع الأربعة الشائعة *M. hapla*، و *M. arenaria*، و *M. incognita*، و *M. javanica*، تم تطويره في جامعة ولاية كارولينا الشمالية بالولايات المتحدة الأمريكية، ولذلك يسمى أحياناً باختبار كارولينا الشمالية للعوائل المفرقة. ويعتمد هذا الاختبار على مدى قابلية إصابة - أو مقاومة - أصناف معينة، في ستة عوائل نباتية قياسية، للأنواع الأربعة الشائعة من نيماتودا تعتقد الجذور. وتشمل هذه العوائل أصنافاً معينة من كل من القطن، والتبغ، والفلفل، والبطيخ، والفول السوداني، وكذلك الطماطم. وعلى ضوء إصابة - أو عدم إصابة - هذه النباتات (متوسط عدد كتل البيض والعقد على الجذور) بالنيماتودا المختبرة يتم تعريفها بالمقارنة مع جدول قياسي (جدول رقم ٤).



() . ()
 . *M. arenaria* () *M. hapla* () *M. incognita* () *Meloidogone javanica*
 .(Eisenback, 1985 :)

استجابة الصنف النباتي للإصابة

طراطم Ratgers	فول سوداني Florunner	بطيخ Charleston Gray	فلفل California wonder	تبغ NC 95	فلفل Delta pine 61	نوع التنازودا والسلالة
------------------	-------------------------	-------------------------	---------------------------	--------------	-----------------------	---------------------------

+	-	+	+	-	-	<i>M. incognita</i> سلالة رقم ١
+	-	+	+	+	-	سلالة رقم ٢
+	-	+	+	-	+	سلالة رقم ٣
+	-	+	+	+	+	سلالة رقم ٤

+	-	+	-	+	-	<i>M. javanica</i>
---	---	---	---	---	---	--------------------

+	+	+	+	+	-	<i>M. arenaria</i> سلالة رقم ١
+	-	+	+	+	-	سلالة رقم ٢

+	+	-	+	+	-	<i>M. hapla</i>
---	---	---	---	---	---	-----------------

(عن Sasser and Carter, 1985)

+ ، تدل على أن الصنف مقاوم أو قابل للإصابة، على التوالي.
- ، تدل على المراتل الموقرة المتأخية.

()

يتميز هذا الاختبار بأنه لا يحتاج إلى خبرة ومهارة فنية، كما أنه يميز أيضاً بين السلالات المرضية المختلفة داخل النوع الواحد. فقد وجد أن النوع *M. incognita* يحتوي على أربع سلالات مرضية (حسب الإصابة على نباتات القطن والتبغ)، وكذلك يحتوي النوع *M. arenaria* على سلالتين (حسب الإصابة على الفول السوداني). إلا أن من عيوب هذا الاختبار اقتصره على الأنواع الأربعة الشائعة (حديثاً أضيف النوع *M. chitwoodi*)، وكذلك طول الفترة اللازمة للحصول على نتائج يمكن مقارنتها بالجدول القياسي، حيث لا بد من مرور شهر على الأقل بعد تلقيح النباتات بالنيما تودا للحصول على نتائج. كذلك فإن هذا الاختبار يعتبر أولياً لا يعتمد عليه وحده، ويحتاج إلى تدعيمه بمعرفة الصفات المورفولوجية لنوع النيما تودا، كالنمط العجاني للأنثى وغيره من الصفات الأخرى.

-

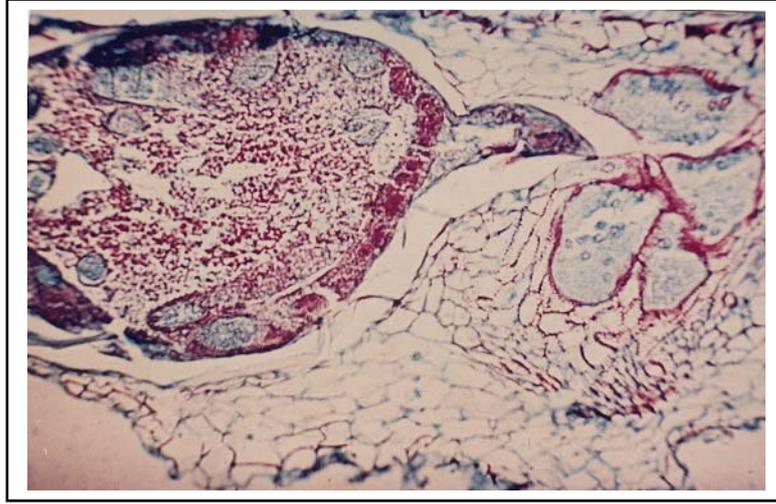
يعتبر وجود العقد الجذرية Galls على جذور النباتات المصابة من أهم الأعراض المميزة لهذا المرض (الشكلان ٤٧، ٥٦). وحيث إن هناك بعض الأحياء الأخرى في التربة تسبب عقداً على الجذور، مثل بكتريا العقد الجذرية (الشكل رقم ٤٨) وأنواع أخرى من النيما تودا الخارجية (الشكل رقم ٤٦)، لذلك يجب الحذر وعدم التسرع في الحكم على الإصابة بنيما تودا تعقد الجذور من مجرد وجود عقد على الجذور، وخاصة من جانب الشخص المبتدئ، بل يلزم فحص الجذور واستخلاص النيما تودا استكمالاً للتشخيص. عادة ما تتميز العقد الجذرية المتسببة عن النوع *M. halpa* بأنها صغيرة، تخرج منها جذور ثانوية (الشكل رقم ٤٥)، بينما تكون العقد في الأنواع الشائعة الأخرى عادة ضخمة وخشنة الملمس. ويتحول الجذر إلى اللون البني عند تقدم الإصابة، ويحدث تعفنًا وتحللًا للأنسجة (الشكل رقم ٥٦) نتيجة لاستعمارها

بالكائنات المترمة في التربة ، وفي هذه الحالة تصل كفاءة الجذر في امتصاص الماء والأملاح من التربة إلى أدنى مستوى.



() .

تتميز الأعراض التشريحية في الجذور بوجود بضع خلايا عملاقة Giant Cells في منطقة الأسطوانة الوعائية حول منطقة رأس النيماتودا (الشكل رقم ٥٧)، وهي خلايا كبيرة الحجم ذات أنوية متعددة كبيرة، تعمل على إمداد النيماتودا بالغذاء. أما الأعراض الظاهرية على المجموع الخضري فهي غير متخصصة، وتشمل ضعفاً عاماً في نمو النبات، يصاحبه عادة اصفرار الأوراق وأعراض تشبه نقص العناصر الغذائية، وكذلك الذبول خاصة في الظهيرة، كما يحصل نقص كبير في كمية المحصول الناتج ونوعيته. وتعتبر مشاهدة العلامات المرضية، كوجود أكياس البيض على سطح العقد (وخاصة بعد صبغها) والإناث واليرقات داخل الجذور، من ضروريات عملية التشخيص.



() .

(APS Slide Collection)

تضع الأنثى الناضجة البيض في كيس البيض الجيلاتيني (الشكل رقم ٥٨)، الذي يبرز عادة إلى سطح الجذر. يتطور الجنين داخل البيضة إلى أن يصل إلى الطور اليرقي الأول، ثم يحدث له انسلاخ أول داخل البيضة، ويتكون الطور اليرقي الثاني. يفقس البيض عند توافر الحرارة والرطوبة المناسبين، ويخرج الطور اليرقي الثاني النشط وهو الطور الوحيد القادر على الإصابة، ويخترق هذا الطور جذيرات النبات العائل عند القمة النامية للجذر عادة، ويتحرك خلال طبقة القشرة ليستقر بحيث يكون الطرف الأمامي لليرقة في اتصال مباشر مع الأسطوانة الوعائية للجذر. وتبدأ اليرقة في استحاثات النبات لتكوين بضع خلايا عملاقة حول رأسها، ومن هذه الخلايا تستمد غذاءها، وفي هذه المرحلة يبدأ تكوين العقد الجذرية. تستمر اليرقات في التغذية ويزداد قطر جسمها ليتحول من الشكل الدودي إلى شكل السجق Sausage-Shape بعد حوالي

١٠-١٥ يوماً من بداية التغذية (الشكل رقم ٢٨د). وفي هذه المرحلة تتوقف اليرقات عن التغذية، وتمر بثلاثة انسلخات خلال بضعة أيام قليلة، ليتكون في النهاية الطور الكامل للإناث والذكور. تستعيد الذكور الشكل الدودي وتترك الجذور إلى التربة، حيث إن التكاثر في هذا الجنس غالباً ما يكون تكاثراً بكرياً. أما الأنثى فتتضج وتتخذ شكلاً كمثرياً وتبقى ساكنة، وتتغذى على الخلايا العملاقة وتضع البيض في أكياس جيلاتينية. تستغرق دورة الحياة في الفصول الدافئة حوالي ٣-٤ أسابيع، بينما تكون أطول في الفصول الباردة. وعموماً يبلغ متوسط عدد الأجيال في السنة ٧-١٠ أجيال متداخلة، وذلك بشرط وجود عوامل مناسبة طوال العام.

-

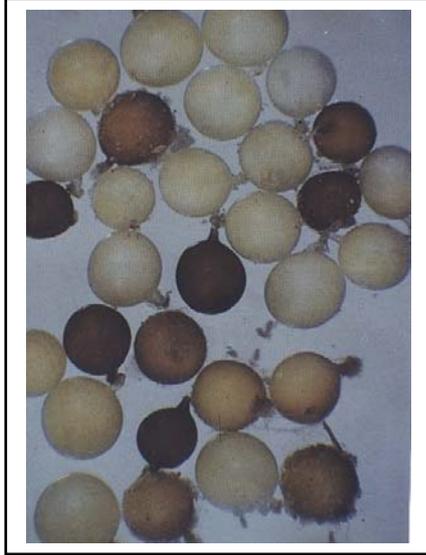
حيث إن طرق مكافحة الأجناس المختلفة من نيماتودا النبات متشابهة إلى حد كبير - مع بعض الاستثناءات القليلة - فقد جمعت الطرق المختلفة لمكافحة نيماتودا النبات في فصل واحد مستقل (الفصل الثاني عشر).

Cyst Nematodes

-

تضم مجموعة نيماتودا الحوصلات أجناساً متقاربة هي: *Heterodera*، و *Globodera* و *Punctodera* ولكن الجنسين الأول والثاني هما الأهم اقتصادياً والأكثر انتشاراً. وكانت نيماتودا الحوصلات في الأصل تابعة لجنس *Meloidogyne*، ولكنها فصلت عنه إلى جنس *Heterodera*، وأخيراً نقلت بعض الأنواع من هذه الجنس الأخير

إلى الجنسين *Globodera* و *Punctodera*. ويمكن التمييز بين هذه الأجناس الثلاثة حسب شكل الحوصلة (ليمونية، أو مستديرة، أو بيضية).
وتتميز نيماتودا الحوصلات بأن جسم الأنثى الناضجة يتحول بعد موتها في نهاية الموسم إلى حوصلة (Cyst) صلبة مقاومة تحتوي بداخلها على البيض (الشكل رقم ٥٩). وتحمي الحوصلة البيض من المؤثرات الخارجية لفترات طويلة (قد تصل إلى ٤ أو ٥ سنوات)، كما أنها تشكل صعوبة كبيرة في مكافحة هذا النيماتودا.



() .

Globodera tabacum

.Cysts

(Union Carbide, 1986) .

وتعتبر نيماتودا الحوصلات من أهم الآفات النيماتودية على كثير من المحاصيل الزراعية، خاصة في المناطق الباردة. وتعد محاصيل البطاطس، وفول الصويا، وبنجر السكر، وكذلك القمح والشعير من أهم عوائلها الاقتصادية. وقد لا تقل أهميتها في كثير من المناطق في العالم، وخاصة في أماكن انتشارها في أوروبا وأمريكا الشمالية، عن أهمية نيماتودا تعقد الجذور، كما أن لها وجوداً وتأثيراً في المناطق الدافئة كمنطقتنا العربية.

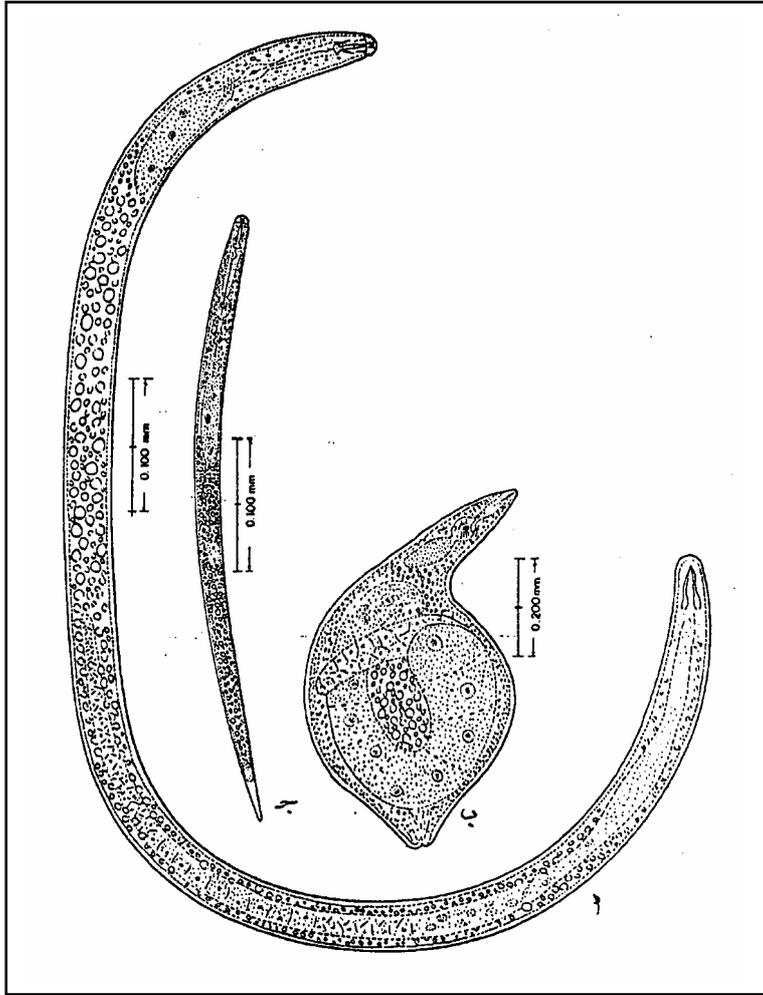
-

تشبه نيماتودا الحوصلات كثيراً نيماتودا تعقد الجذور في الشكل المورفولوجي لجميع الأطوار، وكذلك في طبيعة التطفل الداخلي الساكن على العائل النباتي. يصبح شكل الأنثى عند اكتمال نضجها ليمونياً في الجنس *Heterodera* أو مستديراً تقريباً في الجنس *Globodera*، وترى غالباً بالعين المجردة ملتصقة بالجذور المصابة (الشكل رقم ٥٠). وفي أثناء الموسم يكون لون الأنثى أبيض تقريباً، وتضع البيض في أكياس جيلاتينية - ما عدا نيماتودا حوصلات الحبوب *H.avenae* - كما في نيماتودا تعقد الجذور، إلا أنه عند نهاية الموسم وقيل موتها تتحول إلى حوصلة صلبة بنية اللون تحتفظ بالبيض في داخلها.

ويتحول لون الأنثى في جنس *Globodera* - قليل أن تصبح حوصلة - من اللون الأبيض إلى اللون الذهبي المصفر (الشكل رقم ٥٠)، ولذلك تسمى أحياناً بالنيماتودا الذهبية. ومقاسات الأطوال في الجنسين *Heterodera* و *Globodera* متقاربة إلى حد ما، فالأنثى الناضجة يبلغ طولها ٠.٦-٠.٩ مم بقطر ٠.٣-٠.٥ مم (تقريباً حجم الحوصلات نفسه). بينما الطور اليرقي الثاني يبلغ طوله ٠.٤-٠.٥ مم بعرض ٢٢ ميكرونًا، أما الذكور فالطول تقريباً ١.٣ مم بعرض ٣٠-٤٠ ميكرونًا (الشكل رقم ٦٠).

-

بالرغم من كثرة الأنواع التابعة لجنس *Heterodera*، والتي تصل إلى أكثر من ١١٤ نوعاً (حوالي ١٧ نوعاً في *Globodera*)، فإن هناك تخصصاً عائلياً بدرجة ملحوظة، بخلاف أنواع نيماتودا تعقد الجذور، ويصيب كل نوع عائلاً واحداً أو عدداً محدوداً من العوائل النباتية المتقاربة.



Heterodera sp. .()

() () ()

:

أ) نيماتودا حوصلات البطاطس (النيماتودا الذهبية) *Globodera rostochiensis*

تصيب بصورة رئيسة البطاطس ، ولكنها أيضاً تصيب الطماطم والباذنجان.

ب) نيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycine*

على فول الصويا وبعض أنواع الفاصوليا.

ج) نيماتودا حوصلات بنجر السكر *H. schachtii*

على بنجر السكر ، وأحياناً على السبانخ والكرنب.

د) نيماتودا حوصلات الحبوب *H. avenae*

على الشوفان والقمح والشعير.

هـ) نيماتودا حوصلات البرسيم *H. trifoliae*

على البرسيم الحجازي والأبيض والأحمر ، وعدد كبير من محاصيل العائلة البقولية.

و) نيماتودا حوصلات البسلة *H. gottingiana*

على البسلة (بازلاء) والفول البلدي والعدس.

ز) نيماتودا حوصلات الأرز *H. oryzae*

على الأرز فقط.

ح) نيماتودا حوصلات الصليبيات *H. cruciferae*

على عدد محدود من محاصيل الخضر في العائلة الصليبية (الكرنب والقرنبيط).

وبخلاف ما ذكر أعلاه ، فإن هناك العديد من العوائل النباتية التي تتطفل عليها

الأنواع المختلفة لنيماتودا الحوصلات – بغض النظر عن التخصص العوائلي

الرئيس – مثل بعض محاصيل الحقل والخضر والبقول.

-

تشبه الأعراض التي تسببها نيماتودا الحوصلات على المجموع الخضري إلى حد كبير تلك التي تسببها نيماتودا تعقد الجذور، من حيث الضعف العام للنبات المصاب، والأصفرار، والذبول المؤقت، وموت البادرات في حالة الإصابة المبكرة الشديدة. أما على الجذور فلا تسبب نيماتودا الحوصلات عقداً جذرية وإنما تتمثل الأعراض العامة في ضعف نمو الجذور، وأحياناً يصاحب ذلك نمو غزير للجذور الثانوية. إلا أنه يمكن مشاهدة الإناث الناضجة والحوصلات بالعين المجردة أحياناً وهي متصلة بالجذر من الخارج (الشكل رقم ٥٠).

أما الأعراض التشريحية في الجذر فتتمثل بوجود بضع خلايا كبيرة الحجم، عبارة عن اندماجات خلوية Syncytia حول رأس النيماتودا (الشكل رقم ٥٣ ب). ويعتبر وجود الإناث الناضجة والحوصلات على سطح الجذر أهم علامات التشخيص.

-

تشبه إلى حد كبير دورة حياة نيماتودا تعقد الجذور، لكنها قد تكون أطول في بعض الحالات بنحو أسبوع إلى أسبوعين. تتحول الإناث - كما ذكرنا سابقاً - إلى حوصلة صلبة في نهاية الموسم وتكون مملوءة تماماً بالبيض. وتعطي القدرة على التحوصل حماية كبيرة من الظروف البيئية الخارجية لفترات طويلة، قد تصل إلى بضع سنوات عند غياب العائل. وعند زراعة العائل المناسب يتم تنبيه البيض بواسطة منبه خاص يفرز من جذور العائل المناسب، يعرف بعامل الفقس Hatching Factor، ليفقس البيض داخل الحوصلة ويخرج الطور اليرقي الثاني إلى التربة، وهو الطور الوحيد القادر

على إحداه الإصابة. وتبدأ الإصابة باختراق جذور العائل ، ومن ثم يتم التطور كما في نيماتودا تعقد الجذور. وفي أثناء تطور الأنثى تتهتك الأنسجة الخارجية لقشرة الجذر، ويبرز الجزء الخلفي لجسم الأنثى خارج الجذر ويستمر في التضخم إلى أن يتكون الشكل المميز للأنثى الناضجة.