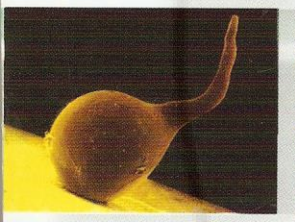
منشورات جامعة دمشق
كلية الزراعة

المدخل إلى علم النيماتودا النباتية













الجزء النظري



الدكتور
خالد العسس

جامعة دمشق
١٤٢٤ - ١٤٢٥هـ
٢٠٠٣ - ٢٠٠٤م

المحاضرة الأولى

تعـــريـف وتـــاريـــخ
Definition and History

1 - 1 - تمهيد:

تتحدر كلمة النيماتودا من الجذر اللاتيني (nema-eidos) حيث يعني الشق الأول منها (nema) الخيط والشق الثاني شبيه وتصبح الكلمة بمجملها شبيه الخيط والكائنات التابعة لها بالديدان الخيطية واختصاراً بالنيماتودا Nematoda وتدعى أحياناً Eelworm .

وتطلق كلمة النيماتودا على مجموعة الكائنات الحية اللافقارية من المملكة الحيوانية التي تنتسب إلى شعبة كبيرة Phylum هي من أوسع شعب هذه المملكة من حيث التعداد بعد مفصليات الأرجل Arthropoda والرخويات Mullusca .

وتضم شعبة الديدان الخيطية صفاً واحداً وعدة رتب وتقدر أنواع النيماتودا بالآلاف. غير أن المعروف منها هو 2 – 3% فقط من العدد الكلي. وتنتشر النيماتودا في مختلف أوساط البيئة بحيث يمكننا أن نقسمها حسب وجودها وتعايشها إلى ثلاث مجموعات رئيسة أهمها:

1 – 1 – 1 – نيماتودا البحار Marine Nematodes:

وتشكل 50% من أعداد هذه المجموعات والوسط المناسب لاستمرار حياتها هو المياه المالحة بنسبة 3% أملاح وتتميز أفراد هذه المجموعة بوجود تزيينات على البشرة الخارجية والرأس كما في النوع *Draconema cephalatum* ونيماتودا *Desmodora pilosa*.

1 – 1 – 2 – النيماتودا المتطلفة على الحيوان Animal Nematodes:

تشكل حوالي 15% من مجموعات النيماتودا ولها تأثير مرضي خطير على الإنسان والحيوان نتيجة تطفلها على الجلد والجهاز الهضمي وهي من أكثر الأنواع انتشاراً وتضم حوالي 50 نوعاً من النيماتودا المتطفلة على الإنسان ومن أمثلتها أسكاريس

الإنسان *Ascaris lumbricoides* والتريشنيلا *Trichinella spiralis* وكذلك نيماتودا *Wucherria bancrofti* المسببة لمرض الفيل في الإنسان. والإنكلوستوما *Ankylostoma* وغيرها من الديدان التي تدرس تحت علم الديدان المتطفلة على الإنسان والحيوان كما تضم هذه المجموعة النيماتودا المتطفلة على الحشرات مثل نيماتودا فصيلة Mermithidae.

1 – 1 – 3 – نيماتودا التربة والماء العذب :

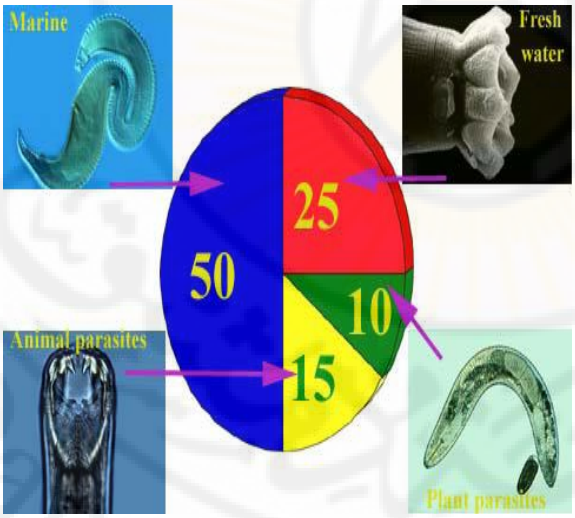
Soil and fresh water Nematodes:

أ –النيماتودا الحرة Free Living Nematodes:

وتشكل 25% من المجموعة الكلية وهي متنوعة الغذاء Polyphagus فبعضها مفترس يفترس الكائنات المجهرية بما فيها النيماتودا مثل *Seinura, Mononchus* وبعضها يتطفل على الطحالب مثل نيماتودا *Dorylaimus* ومنها ما يتغذى على البكتريا مثل نيماتودا *Rhabditis* أو على الفطريات مثل *Ditylenchus myceliophagus* ولذلك فائدة كبيرة للنبات بتغذيتها على الكائنات الضارة من جهة وزيادة خصوبة التربة نتيجة تفسخ وموت الكائنات من جهة ثانية.

ب – النيماتودا المتطفلة على النبات Plant Parasitic Nematodes:

وتشكل 10% من المجموعة الكلية وتضم حوالي 10.000 نوع وهي الأنواع المعروفة والموصوفة تماماً والتي تؤثر على النباتات وهذه المجموعة تغطي مساحة واسعة تمتد في الصحراء والغابات وأعالي الجبال وكل المناطق الزراعية. وعادة ما توجد داخل أنسجة النبات أو جذوره أو في التربة المحيطة به وبعضها يوجد على الساق



تسبة النيماتودا المتطفلة على النبات من الأنواع الأخرى

أو الأوراق وتتميز هذه
المجموعة بخاصتين هامتين:

أ – وجود الرمح في مقدمة الجسم الذي يساعد في اختراق أنسجة النبات وامتصاص العصارة الغذائية.

ب – صغر حجم الكائنات التابعة لهذه المجموعة حيث يتراوح مداها الطولي من 0.2 – 1.2ملم وستكون هذه المجموعة موضوع دراستنا.

1 - 2 - الأهمية الاقتصادية للنيماتودا

Economic importance of Nematodes:

كان تطور علم نيماتودا النبات بطيئا نسبياً مقارنة بخطورة الأمراض التي تسببها النيماتودا للمحاصيل الزراعية والبستانية وكثيراً ما أهمل تأثير النيماتودا أو علل الضرر الذي تحدثه للمحاصيل خطأ إلى مسببات أخرى مثل النقص في خصوبة التربة ورطوبتها أو إجهادها بالزراعة.

وحظيت النيماتودا كمسببات لأمراض النبات باهتمام قليل ومتأخر نظراً لأنها ذات أحجام ميكروسكوبية ولصعوبة التعامل معها، ولوجودها مختفية في التربة حول جذور النباتات ولكونها لا تظهر عادة أعراضاً مرضية واضحة على النبات المصاب.

إن مقدار الضرر الذي تسببه النيماتودا المتطفلة على النبات يتحدد بنوعية وفاعلية العديد من المتغيرات التي تشمل أنواع النيماتودا وكثافة أعدادها وحساسية النباتات المزروعة ومختلف الظروف البيئية التي تشمل درجة الحرارة وفترة نمو المحصول وتوفير الماء والمواد الغذائية والكائنات الدقيقة الأخرى في التربة والتي تتداخل نشاطاتها في مقدار الضرر الذي تحدثه النيماتودا للمحصول.

وتزداد المشاكل التي تسببها النيماتودا في الأقطار النامية نظراً لوجود تلك الأقطار في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية حيث يكون مناخها ملائماً لنشاط النيماتودا وتكاثرها طيلة العام. ومعظم الترب الزراعية رملية خفيفة مما يساعد على إصابة المحاصيل المزروعة بالنيماتودا وخاصة في المناطق المروية والتي تستخدم في انتاج المحاصيل بصفة مستمرة. إضافة إلى عدم تطبيق الدورة الزراعية مما يساعد على شدة الإصابة بالنيماتودا –إضافة إلى ما تقدم –النقص في الكفاءات المدربة والتي تقوم بدراسة المشاكل وتقديم النصح للفلاحين وعدم وجود قوانين خاصة بعمليات الحجر الزراعي والتي

تُعتمد لتحديد أو منع إدخال أو نقل الأجزاء النباتية المصابة بالنيماتودا أو غيرها من المسببات المرضية من المناطق الملوثة إلى الأخرى السليمة.

وبالرغم من صعوبة الحصول على تقديرات أو حسابات دقيقة عن الخسارة المتسببة عن إصابة محصول ما بنيماتودا النبات المتطفلة إلا أن محاولات الباحثين المنشورة لا تخلو من محاولات لتحديد حجم هذه الخسائر.

تبلغ الخسارة المقدرة في معدل النمو السنوي للمحاصيل الرئيسية في العالم والناتجة عن أضرار النيماتودا 12.3% وتبلغ هذه الخسارة في البلدان المتقدمة 8.8 مقارنة مع 14.6% في البلدان النامية.

هذا ولا توجد تقديرات لمثل هذه الخسائر التي تحدثها النيماتودا للمحاصيل في سوريا.

1 - 3 - التطور التاريخي لعلم النيماتودا:

تعتبر المعلومات الخاصة بالنيماتودا المتطفلة على الحيوان قديمة منذ قدم الإنسان والحيوان وهناك مراجع تاريخية مصرية قديمة ذكر في تقاريرها الطبية عن نيماتودا الاسكاريس *Ascaris lumbricoides* يرجع تاريخها إلى قبل عام 1553 – 1550 قبل الميلاد كما ذكرها الفيلسوف أبقراط في إحدى كتاباته قبل الميلاد (384 – 322 ق.م) وقد سجلت في قرون تالية بواسطة كثير من الباحثين في مجال الطب والحيوان. ومن السجلات التاريخية الأولى عن النيماتودا غينيا *Dracunculus* sp. التي تتطفل على النسيج الضام لجسم الإنسان وخاصة على الأرجل مشكلة دمامل وخراجات تحت جلدية تسبب آلاماً شديدة حيث أشارت إليها إحدى الكتابات الرومانية في القرن الأول قبل الميلاد.

غير أن النيماتودا المتطفلة على النبات ظلت مجهولة زمناً طويلاً حتى منتصف القرن السابع عشر وذلك لصغر حجمها وعدم إمكانية رؤيتها بالعين المجردة. ولذلك ليس مستغرباً أن العلم الذي يهتم بدراستها وهو علم النيماتودا النباتية قد تطور بشكل بطيء نسبياً.

1 – 3 – 1 – تطور علم النيماتودا في أوروبا:

أول المعلومات من النيماتودا الحرة سجلها العالم Borellus عام 1656 م الذي يعتبر أول من تعرف على النيماتودا تحت المجهر وسميت نيماتودا الخل والنبيذ *Anguillula aceti = Turbatrix aceti*. أما أول تسجيل للنيماتودا المتطفلة على النبات فقد قام به العالم الإنكليزي J.T. Needham عام 1743 م وهو رجل دين ذو ميول علمية حيث شاهد ولأول مرة في أثناء فحصه لحبوب القمح المصابة بالتفحم يرقات الطور اليرقي الثاني الساكنة في العقد البذرية للنيماتودا التي تسمى حالياً بنيماتودا ثآليل القمح *Anguina tritici* وقد سجل العالم Steinbuch عام 1799 نوعاً آخر يتطفل على أنواع أخرى من الأعشاب النجيلية.

ظلت نيماتودا ثآليل القمح النيماتودا الوحيدة والمعروفة بتطفلها على النبات حتى منتصف القرن التاسع عشر إلى أن اكتشف العالم M.J.Berkeley عام 1855 /وهو عالم فطريات إنكليزي/ نيماتودا تعقد الجذور والمعروفة لنا الآن باسم *Meloidogyne spp.* فقد لاحظ وجود تورمات وعقد على جذور الخيار المصابة والمزروعة في الصوب الزجاجية. كما شاهد الطور اليرقي الثاني في تلك العقد. وقد نشر العالم Goeldi عام 1887 وصفاً لنيماتودا *M.exigua, Meloidogyne sativa* التي تحدث أوراماً على جذور البن في البرازيل.

وفي عام 1857 تمكن عالم امراض النبات الألماني J. Kuhn من اكتشاف نيماتودا السوق والأبصال *Ditylenchus dipsaci*. وفي عام 1859 استطاع العالم الألماني Schacht أن يلفت الانتباه إلى أن سبب تدهور زراعة الشوندر السكري في أوروبا وألمانيا يرجع إلى النيماتودا التي سماها العالم Schmidt عام 1871 *Heterodera schachtii* باسم المكتشف وقدم لها العالم Strubel عام 1888 وصفاً مورفولوجياً كاملاً ولم يطرأ على ذلك الوصف سوى بعض التعديلات أو الإضافات الطفيفة جداً حتى الآن.

وقد سادت مشكلة مكافحة النيماتودا الحويصلية للشوندر السكري على المسرح النيماتولوجي في أوروبا من عام 1870 – 1910 وقد كان العالم Julius Kuhn من الرواد الأوائل بالإضافة إلى العلماء Molz, Muller, Chatin وآخرين الذين درسوا العوائل النباتية ودورة الحياة والتوزع الجغرافي وعلم المسببات المرضية وطرق مكافحة هذه الآفة. وقد قام العالم Kuhn بأول معاملة لتدخين التربة بهدف مكافحة النيماتودا وقام أيضاً وبمساعدة معاونيه باستخدام النباتات سريعة النمو كنباتات صائدة مثل استخدام نبات اللفت الزيتي Rapes (Brassica rapae) بهدف تخفيض كثافة النيماتودا. وأصبحت التوصيات التي أوصى بها العالم Kuhn ومعاونيه حتى اليوم هي الطريقة الأساسية المستخدمة في المكافحة في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية.

1 – 3 – 2 – تطور علم النيماتودا في الولايات المتحدة الأمريكية

Development of nematology in U.S.A:

يعتبر العالم Joseph Leidy من أهم الشخصيات الأمريكية والعلماء الأمريكيين في مجال علم الحيوان حيث ذكر في إحدى ملاحظاته أول تسجيل عن النيماتودا الحرة في أمريكا. وقد سجل العالم May (1888) نيماتودا تعقد الجذور وأضاف كل من Stone, Smith عام 1898 أبحاثاً مستفيضة عن الشكل الظاهري والعوائل النباتية والضرر الذي تسببه هذه الآفات.

وأحدث ظهور العالم Nathan A. Cobb ضجة كبرى وتطوراً كبيراً في علم النيماتودا في أمريكا ونشر أول بحث له عن النيماتودا المتطفلة على النبات عام 1890 وقد أعقبه بالعديد من الأبحاث (حوالي 172 بحثاً) وخاصة في مجال الشكل المورفولوجي للنيماتودا، تصنيف النيماتودا، الطرق العملية لدراستها والتي لا يزال الكثير منها يستخدم حتى الآن. ومن خلال دراساته الدقيقة للنيماتودا المتطفلة

نباتياً أطلق المصطلحات amphides، phasmidis، deirids على الأعضاء الحسية

المعروفة. وقد اقترح عام 1914 اسم Nematology كاسم مميز لهذا الفرع الحديث من العلوم الزراعية. وتمكن بعبقريته وفنه الرائع وبالتعاون مع مساعديه من أن يخلق عهداً جديداً ساعد على رسوخ وتأسيس علم النيماتودا الحديث ليس في أمريكا وحدها بل في العالم أجمع حتى لقب برائد علم النيماتودا. وقد أصبح الكثير من زملائه وطلابه رواداً في هذا المجال لبضعة عقود من القرن العشرين.

لقد أجريت أبحاث عديدة وتمت اكتشافات رائدة قبيل وبعد منتصف القرن العشرين خاصة في أوروبا وأمريكا. وكان لها دور كبير في إرساء قواعد هذا العلم وتطوره إلا أن الانعطاف الكبير في دراسة النيماتودا النباتية حدث عندما اكتشف Carter عام 1943 أن ناتجاً عرضياً من نواتج صناعة البترول هو مزيج (1، 3 ثنائي كلور البروبين و 1، 2 ثنائي كلور بروبان) الاسم التجاري D.D له فعالية متميزة في مكافحة آفة النيماتودا عند استخدامه في تدخين التربة الأمر الذي أدى إلى زيادة الإنتاج. وقد أثار هذا الاكتشاف اهتمام الباحثين لدراسة هذه الكائنات دراسة موسعة. وفي غضون بضع سنوات اكتشفت مبيدات أخرى للنيماتودا كان لاستعمالها أثره الكبير في تحسين الإنتاج الزراعي مما ساعد في تعاظم الانتباه وتوسع الدراسات المتعلقة بهذه الآفة في أنحاء العالم كافة.

وقد أسهمت البحوث والاكتشافات المتعددة التي حدثت في الأعوام 1945 – 1958 كاكتشاف آفات مرضية أخرى حيث اكتشف في ذلك الوقت ولأول مرة في أمريكا الشمالية النيماتودا المتحوصلة على البطاطا *Globodera rostochiensis*. كما كشف النقاب بعد ذلك عن سبب مرض التدهور المنتشر على الحمضيات والذي عُزِي إلى الإصابة بالنيماتودا الحفارة *Radophollus similis*. وتمكن العالمان Christie، Perry في فلوريدا عام 1951 من إثبات ضرر المتطفلات الخارجية. أما في منتصف الخمسينات من القرن العشرين فقد برز تطور جديد لدور خطير يمكن أن تلعبه النيماتودا النباتية ويتمثل ذلك في تفاعلها مع المسببات المرضية الأخرى في التربة وإحداثها أمراضاً مركبة

وأضراراً غير مباشرة قد تفوق أضرارها المباشرة. وفي العام 1958 أثبت العالم Raski وزميلاه Goheen، Hewitt في جامعة كاليفورنيا أن هناك بعض الأجناس من النيماتودا خارجية التطفل تستطيع أن تنقل الفيروسات النباتية مسببة انتشار هذه الأمراض بين النباتات. وقد كان للاكتشافين الأخيرين أثر كبير وصدى واسع في توضيح الأهمية الاقتصادية الكبيرة للنيماتودا ودورها المتعدد الجوانب في خفض كميات المنتجات الغذائية في العالم.

ومع تطور علم النيماتودا النباتية شهد هذا العلم مزيداً من الرعاية والاهتمام كعلم مستقل بذاته (شأنه شأن الكثير من العلوم الزراعية الأخرى) فتأسست الجمعيات العلمية، وأصدرت مجلات متخصصة، كما أنشئت مراكز للبحوث والدراسات العليا في الجامعات تهتم بهذا العلم وترعى تطويره والاستفادة من تطبيقاته المختلفة، ففي عام 1955 تم إنشاء جمعية النيماتولوجين الأوروبيين European Society of Nematologistis (ESN) والتي تسهم في التعاون المشترك والتبادل العلمي في هذا المجال ضمت هذه الجمعية 372 عضواً من 47 دولة في العالم وأصدرت مجلتها العلمية Nematologica عام 1956 تبعها إنشاء جمعيات أخرى نذكر منها: جمعية النيماتولوجين بالولايات المتحدة الأمريكية (SON) عام 1961 وأصدرت أول عدد من مجلتها العلمية Journal of Nematology عام 1969، ثم تلاها جمعية النيماتولوجين في الهند وأمريكا الاستوائية والباكستان.

1 - 4 - لمحة عن مشاكل النيماتودا في القطر العربي السوري:

تعمل الأقطار النامية على زيادة الاستفادة من منتجاتها الزراعية بالسرعة الممكنة. إذ أمكن التغلب على النقص الحادث من نصيب الفرد في الإنتاج الزراعي. وتعد السيطرة على نقص المحصول والناتج عن الإصابة بنيماتودا النبات كأحد طرق زيادة الإنتاجية للمحصول. والخطوات الأولى للوصول إلى هذا الهدف هو تحديد أهمية

النيماتودا في كل قطر عن طريق حصر ومعرفة الأنواع الموجودة وانتشارها ومقدار الضرر الذي تحدثه للمحاصيل. ويجري هذا المسح من قبل مختصين ذوي كفاءة وتخصص بموضوع النيماتودا. ولو أن هنالك افتقاراً واضحاً إلى أعداد كافية منهم خاصة في الأقطار النامية ومازالت الحاجة ماسة إلى نقل الطرق الأساسية لهذا العلم الحديث التطور بطريقة سهلة وممكنة إلى المشتغلين بالمحاصيل والبستنة وتربية النبات والحشرات وأمراض النبات في تلك الأقطار.

ورغم المعرفة بأن النيماتودا المتطفلة على النبات أصبحت من العوامل الهامة والمحددة لنجاح زراعة محاصيل الغذاء ومحاصيل الدخل الفوري في كل مكان من العالم. فعلم دراسة النيماتودا في سوريا لازال في مهده. وبناء عليه ليس من الصعوبة معرفة تاريخ هذا العلم في سوريا.

إن سجلات النيماتودا المتطفلة على النبات في سوريا نادرة وغير كافية. فقد سجل Faust و Mamluk عام 1975 ظهور نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne arenaria* و *M.incognita* و *M.javanica* مترافقة مع القطن والشوندر السكري في مناطق مختلفة من القطر العربي السوري. وعزى Tayar عام 1980 الخسائر في محصول التبغ إلى الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *M.javanica* وذكر أن معاملة البذور بمبيد Aldoxycarb تحد من الإصابة بـ *M.incognita* على القطن ووجدت نيماتودا السوق والأبصال *Ditylenchus dipsaci* منتشرة بشكل كبير على شواطئ المتوسط من قبل Sikora و Hanounik عام 1980 وهي تهاجم نبات الفول وسوق القمح وتسبب أضراراً خطيرة. كما وجدت نيماتودا ثآليل القمح *Anguina tririci* على القمح في جنوب سوريا عام 1982 وسجلت عام 1982 – 1986 على عينات القمح المأخوذة من منطقة حلب و ادلب وسجلت أنواع مختلفة من النيماتودا على محاصيل النجيليات والبقوليات والأعلاف.

ومما تقدم يتضح أن معظم آفات النيماتودا الموجودة في منطقة البحر المتوسط منتشرة بشكل واسع أيضاً في سوريا. ولا بد أن تجرى في المستقبل أبحاث لتحديد التوزع الجغرافي لها في سوريا وتحديد أهميتها الاقتصادية.

1 - 5 - علاقة علم النيماتودا بالعلوم الأخرى

Plant Nematology and other Sciences:

إن علم نيماتودا النبات هو الفرع الحديث بين فروع علم أمراض النبات الرئيسية (فطريات – بكتريا – فيروسات... ألخ) والذي لا يمكن دراسته بمعزل عنها نظراً لارتباطه الوثيق بها وتداخله المتكامل معها وهو يهتم بدراسة النيماتودا من حيث وصفها وتعريفها وعلاقتها مع النبات والآلية التي تحدث بواسطتها النيماتودا أمراضاً على النباتات، وتفاعل النيماتودا مع المسببات المرضية الأخرى والطرق التي تمنع أو تحد من الضرر الناجم عن الإصابة بالنيماتودا.

ويرتبط علم النيماتودا بالعلوم الأخرى ارتباطاً وثيقاً بالإضافة إلى ذلك فإنه يمثل تزاوجاً متكاملاً بين علم النبات وعلم الحيوان فدراسة هذه الكائنات الحيوانية المجهرية تحتاج إلى فهم ودراية كبيرة بعلم الحيوان وعلم الطفيليات وعلم سلوك الحيوان.

كما أن المعرفة الجيدة لعلم النبات وفروعه المختلفة تعتبر مطلباً ضرورياً لفهم التأثيرات المتبادلة بين النيماتودا والنبات وإيجاد أصناف مقاومة.

ومن ناحية أخرى يرتبط علم نيماتودا النبات بالعلوم الزراعية الأخرى المختلفة والتي تشمل وقاية النبات وعلم إنتاج المحاصيل والبساتين وعلم التربة وعلم البيئة وعلم الاقتصاد الزراعي. كما يستفيد علم النيماتودا من المعرفة المتراكمة من بعض العلوم الأخرى مثل الإحصاء الرياضيات، الفيزياء، الأرصاد الجوية وغيرها.

المحاضرة الثانية

الشكل الخارجي والتركيب الداخلي للنيماتودا المتطفلة على النبات

Morphology and Anatomy of Plant Parasitic Nematodes

2 – 1 – تمهيد.

2 – 2 – التركيب العام للجسم.

2 – 3 – جدار الجسم.

2 – 4 – الجهاز الهضمي.

2 – 5 – الجهاز العصبي.

2 – 6 – الجهاز التناسلي.

2 – 7 – الجهاز الإطراحي.

المحاضرة الثانية

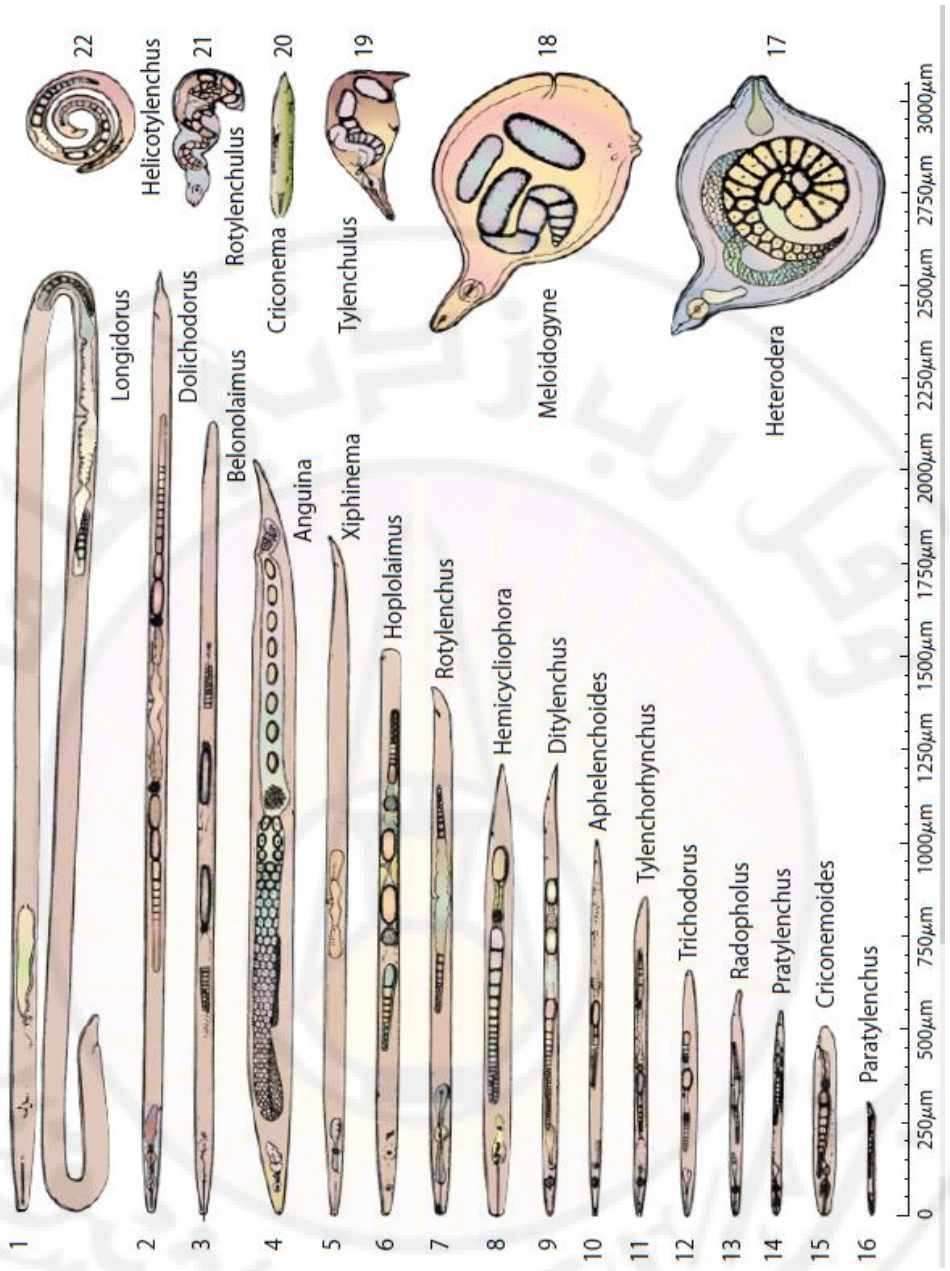
الشكل الخارجي والتركيب الداخلي للنيماتودا المتطفلة على النبات

Morphology and Anatomy of Plant Parasitic Nematodes

2 - 1 - تمهيد:

تعرف النيماتودا المتطفلة على النبات بأنها حيوانات لا فقارية نشطة غير مقسمة إلى حلقات وذات مقطع عرضي دائري الشكل في أغلب الحالات. تحتاج النيماتودا إلى تكبير حتى يمكن رؤية محتوياتها الداخلية غير أنه توجد بعض الأنواع التي تتميز بكبر أحجامها وسهولة رؤيتها بالعين المجردة. وعموماً نلاحظ أن المدى الطولي لأنواع النيماتودا المتطفلة على النبات يتراوح (0.2 – 1.2 ملم) ونادراً ما يزداد عن 10 ملم (كما في أفراد جنس *Paralongidorus*) أما عرضها فيتراوح بين (15 – 35 ميكرون).

والشكل النموذجي للنيماتودا هو الشكل المغزلي fusiform متماثل جانبياً إلا أن هذا الشكل قد يتحور في إناث بعض الأنواع ليتخذ أشكالاً مختلفة كروياً أو كمثرياً أو ليمونياً ولهذا تفقد القدرة على الحركة وتبقى ساكنة مستقرة داخل الجذور أو على سطوحها بينما يحتفظ الذكر بشكله الاسطواني الدودي شكل (2 – 1).



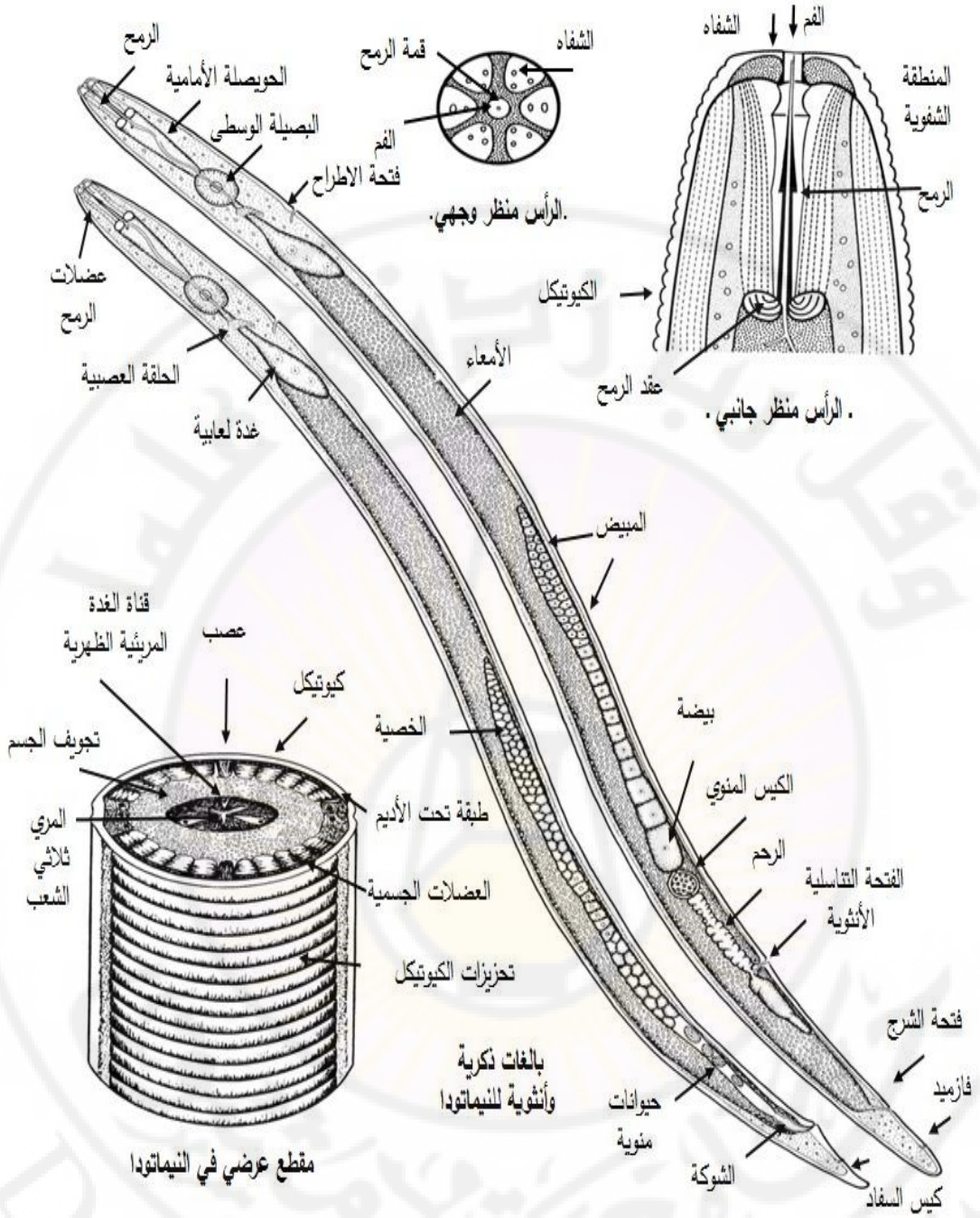
شكل (2 – 1) المظهر والحجوم النسبية لأهم أنواع النيماتودا الممرضة للنباتات

تمتاز النيماتودا أيضاً بأن لها نهاية أمامية مستدقة anterior end توجد فيها فتحة الفم (الفم والشفاه) ونهاية خلفية أيضاً مستدقة posteroir end تعرف بنهاية الذيل tail tip ولهاتين النهايتين أهمية تقسيمية كبرى في تمييز وتعريف الأنواع المختلفة للنيماتودا. كما أن للنيماتودا وجهاً بطنياً ventral side يتعرف عليه بوجود الفتحة التناسلية vulva وفتحة الشرج anus عند الإناث وبوجود فتحة المجمع eloaca في الذكر، ووجه ظهري dorsal side وينحصر بين هذين الوجهين وجهان جانبيان Lateral side يمتدان على جانبي النيماتودا توجد عليهما خطوط جانبية Lateral lines لها أهمية تقسيمية كبرى.

تكون أجسام معظم الديدان الخيطية شفافة عديمة اللون وبذلك يمكن التعرف على شكل وتركيب الأعضاء الداخلية باستخدام المجهر.

2 - 2 - التركيب العام للجسم Body structure:

يتألف التركيب الأساسي لجسم النيماتودا من أنبوبتين تحيط إحداهما بالأخرى تمثل الخارجية منها جدار الجسم بينما تمثل الداخلية القناة الهضمية التي تبدأ بالفم المحتوي على الرمح وتنتهي بفتحة الشرج. ويطلق على التجويف المحصور بين الأنبوبتين اسم الجوف الكاذب يمتلئ هذا التجويف بسائل يحتوي على خلايا كبيرة تعرف باسم الخلايا المبتلعة phogocytic cells تعمل هذه الخلايا على التهام المواد التالفة ويعمل سائل الجسم على توزيع المواد الغذائية المهضومة وجمع المواد التالفة فهو يقوم بوظيفتي التنفس والدوران. وسائل الجسم له أهمية كبرى في إتمام عملية الحركة والتغذية والإطراح إضافة لذلك يضم جسم النيماتودا الجهاز العصبي الذي تمثل الحلقة العصبية مركزه الرئيسي والجهاز الإطراحي والجهاز التناسلي الذي يقع بمحاذاة الأمعاء في الجوف الجسمي إلى جانب بعض الأنسجة الليفية والخلايا الكبيرة وبعض الغدد ويظهر الشكل (2 – 2) الصفات الشكلية والتشريحية للنيماتودا المتطفلة على النبات.



الشكل (2 – 2) الصفات الشكلية والتشريحية لذكر وأنثى النيماتودا المتطفلة على النبات.

2 - 3 - جدار الجسم Body wall:

يتألف جدار الجسم في النيماتودا من ثلاث طبقات هي من الخارج إلى الداخل: الكيوتيكل، طبقة تحت الأديم، والعضلات الجسمية.

2 – 3 – 1 – طبقة الكيوتيكل Cuticule:

الكيوتيكل عبارة عن طبقة لا خلوية ذات تركيب بروتيني متعدد الطبقات تفرزه طبقة تحت الأديم، كما تشكل طبقة رقيقة من الليبدات السطح الخارجي له وعلى الأرجح فإن هذه الطبقة تعمل كحاجز بوجه المواد الكيميائية. يغطي الكيوتيكل الذي يتميز بمرونته ونشاطه الحيوي كامل جسم النيماتودا

وغالباً ما تقسم طبقات الكيوتيكل الثلاث إلى طبقات ثانوية في المجاميع المختلفة للنيماتودا فعلى سبيل المثال حددت ثماني طبقات في النيماتودا الخنجرية *Xiphinema index* وخمس طبقات في النيماتودا *Aphelenchus avenae*.

ويختلف سمك الكيوتيكل حسب نوع النيماتودا فهو يتراوح بين 3 – 5 ميكرون أو (2.5 – 3.5%) بالنسبة لقطر النيماتودا. وتتقاطع الألياف الموجودة في طبقات الكيوتيكل المختلفة مع بعضها البعض مانحة إياه قوة كبيرة وتركيباً مشابهاً لعجلات السيارة.

وتتلخص وظيفة الكيوتيكل: في قابليته لنفاذ الماء وبعض الإيونات والمبيدات النيماتودية غير القابلة للتحليل الكهربائي. وتلعب مرونة الكيوتيكل دوراً هاماً في حركة النيماتودا ويعمل الكولاجين والكيراتين على تغيير طول الجسم وفي إعادة تكوين سطحه تحت تأثير أجزاء التربة. ويسمح الكيوتيكل بالزيادة في الجسم والنمو بين الانسلاخات.

. التخططات والأعضاء الناتجة عن تحورات في طبقات الكيوتيكل المختلفة:

قد يكون الكيوتيكل غير مخطط وقد يكون مخططاً كما في كثير من أنواع النيماتودا التي تتطفل على النبات، وتختلف درجة التخطط من نوع لآخر فنجد مثلاً أن التخطيط العرضي يكون ضعيفاً في الأنواع التابعة للجنس *Pratylenchus* في حين يعد نموذجياً في أنواع الجنس *Hoplolaimus* في الوقت الذي يصبح عميقاً في الأنواع التابعة لجنس

Criconemoides و *Criconema* حيث تبدو هذه الديدان كما لو كانت أجسامها مقسمة إلى حلقات كما هو الحال في الديدان الحلقية. أما التخطيط الطولي فإما أن يكون ناتجاً عن عدم استمرار التخطيط العرضي حول جسم النيماتودا ويتكون بذلك خط طولي نتيجة تقطع الخطوط العرضية في مواضع متماثلة، وإما أن تكون الزيادة في سمك الكيوتيكل في مواضع معينة وفيما يلي أمثلة للخطوط العرضية والطولية التي تظهر على الكيوتيكل:

أ – التركيبات (العلامات) العرضية التي تظهر على الكيوتيكل

1 – الخطوط الدقيقة Fine striations: وتظهر في الأنواع التابعة للجنس *Tylenchus* والجنس *Ditylenchus*.

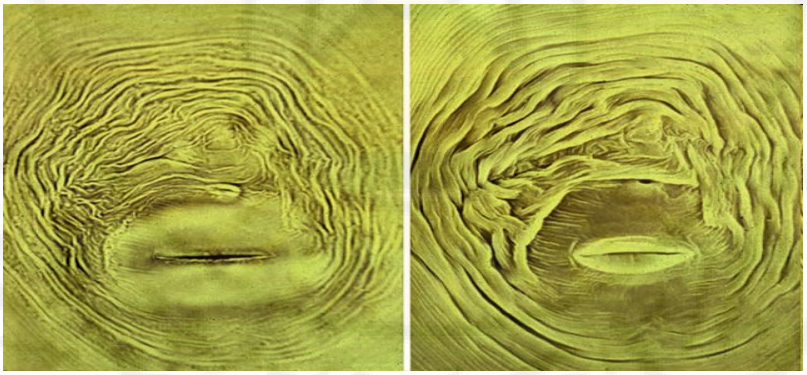
2 – الخطوط البارزة Coarse striations: وتظهر في النيماتودا *Aglenchus costatus*.

3 – الحلقات Annulation: وتظهر في أنواع النيماتودا التابعة للجنس *Hoplolaimus spp*.

4 – الأشواك spination وهي نموات في الكيوتيكل وتظهر في الجنس *Criconema spp*.

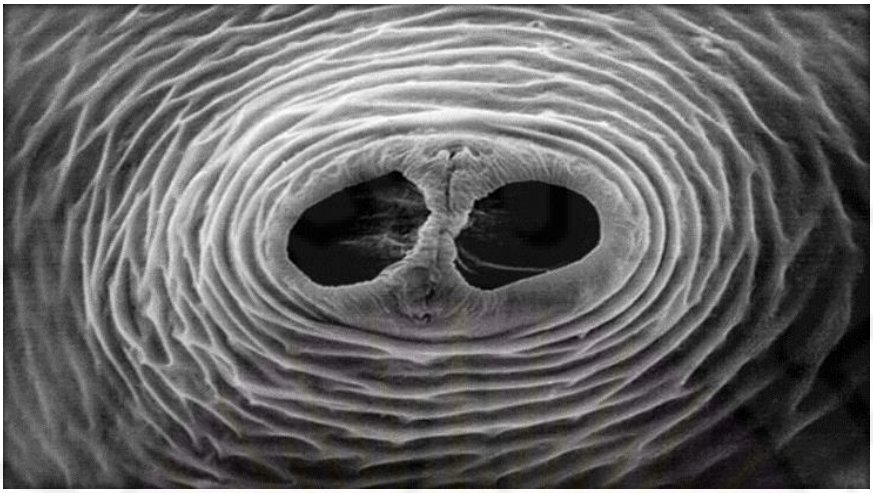
5 – النتوءات الصغيرة warts: وهي نموات في الكيوتيكل وتظهر إما في صف طولي واحد أو في صفين طوليين وذلك على ناحية واحدة من الجسم كما هو الحال في *Bunonema spp*.

6 – طبعة الأصابع Perineal pattern: ومثال ذلك طبعة الأصابع المميزة للأنواع نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne spp*. (شكل 2 – 3).



(شكل 2 –3) صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح لطبعة الاصبع لنيماتودا تعقد الجذور الجنوبية *Meloidogyne incognita*

7 – التنقيط الغائر على سطح الكيوتيكل والشكل المتعرج punctation and zigzag pattern ويظهر ذلك في النيماتودا المتحوصلة *Heterodera spp* ويتكون من عدة نقاط توجد في صفوف طولية أو عرضية أو متخذة أشكالاً خاصة شكل (2 – 4).



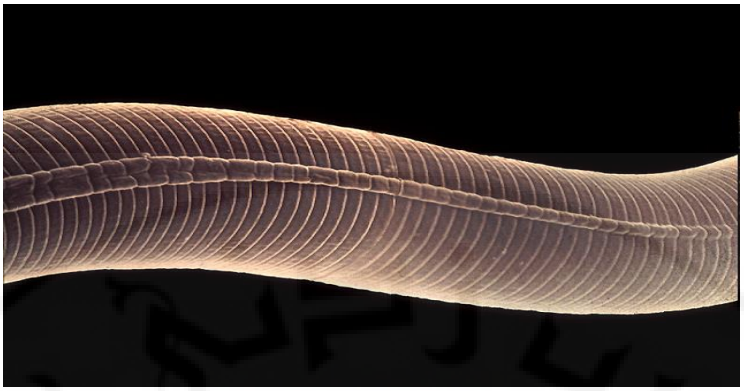
شكل (2 – 4) مقطع عرضي في النهاية الخلفية للنيماتودا المتحوصلة Heterodera يظهر الفتحة التناسلية الأنثوية والتنقيط الغائر للكيوتيكل

ب – التركيبات (العلامات) الطولية Longitudinal markings:

وتأخذ عادةً شكل تجنحات أو جدر محدبة:

1 – تجنحات Alae: وهي عبارة عن زوائد أو بروزات من طبقة الكيوتيكل تمتد على طول الجسم وقد تقتصر على النهايات الأمامية والخلفية للجسم. وتكون على ثلاثة أنواع مختلفة:

أ – تجنحات طولية longitudinal alae: تمتد طولياً على جانبي الجسم ويعرف الواحد منها بالحقل الجانبي (شكل 2 – 5) ويقع الحقلان الجانبيان فوق الحبلين العصبيين الجانبيين مباشرة، كما أن عدد الخطوط الطولية التي توجد داخل الحقل الجانبي يختلف باختلاف أنواع النيماتودا عادة (3 – 4) خطوط ويعتبر هذا العدد صفة تقسيمية مهمة لتحديد الأنواع ويعتقد أن الحقلين الجانبيين يساعدان في حركة النيماتودا وخاصة عند المنعطفات.



شكل (2 – 5) صورة بالمجهر الالكتروني الماسح توضح الحقل الجانبي والخطوط العرضية بشكل حلقات للطور الثاني لنيماتودا تعقد الجذور

ب – تجنحات عنقية Cervical alae: ويقتصر وجودها على بعض أنواع النيماتودا المتطفلة على الإنسان والحيوان.

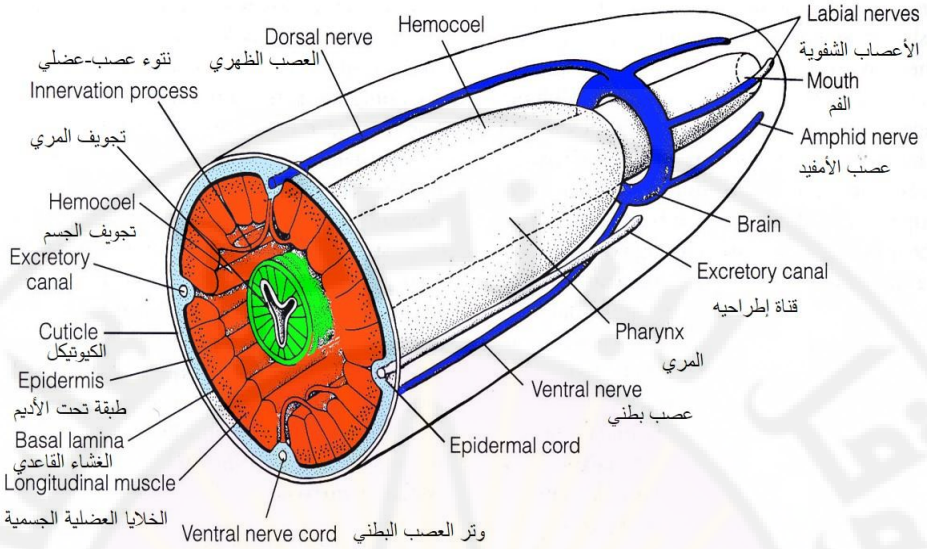
جـ – تجنحات ذيلية Caudal alae أو كيس السفاد Bursa ويقتصر وجوده على ذكور بعض الأجناس النيماتودية وهو يساهم في ثبات اتزان النيماتودا أثناء عملية التسافد إذ يعمل كأعضاء قابضة حاضنة وهو مزود بحليمات حسية تناسلية.

2 – الجدر الطولية Longitudinal ridges: وهي مناطق مرتفعة تمتد بطول الجسم وتوجد على جميع جوانبه كما في بعض الأنواع المتطفلة على الإنسان والحيوان.

2 – 3 – 2 – طبقة تحت الأديم Hypodermis:

تقع هذه الطبقة الرقيقة من الأنسجة بين الكيوتيكل وعضلات جدار الجسم ويفصل الغشاء القاعدي بين طبقة تحت الأديم وطبقة الكيوتيكل. وتأخذ هذه الطبقة شكل أنبوب بروتوبلازمي ينتأ داخل تجويف الجسم مشكلاً أربعة أوتار طولية longitudinal chords يوجد اثنان جانبيان lateral chords وواحد ظهري dorsal chord وواحد بطني ventral chord وقد

يتضاعف هذا العدد عند بعض الأنواع. وتحتوي الأوتار على الأعصاب الطولية وكذلك قناتي الإطراح أو قناة الإطراح الجانبية حسب نوع النيماتودا. شكل (2 –6).



شكل (2 – 6) مقطع عرضي لجسم النيماتودا في منطقة المري

وتقوم طبقة تحت الأديم بإفراز الكيوتيكل إلى جانب قيامها بخزن المواد الغذائية بشكل ليبيدات وكلايكوجين، كما أنها تحتوي على الأنزيمات الضرورية للقيام بالعمليات الحيوية لنشاط ونمو النيماتودا كالانسلاخ، ولها علاقة بأعضاء الحس المختلفة كالأمفيد والفازميد.

2 – 3 – 3 – العضلات Muscles:

تمتلك النيماتودا نوعين من العضلات: العضلات الجسمية somatic masculature والعضلات المتخصصة specialized muscles. يتألف النوع الأول من طبقة واحدة من الخلايا العضلية مغزلية الشكل وتوجد خلف بعضها البعض وفي اتجاه طولي من الناحية الأمامية حتى الخلفية. ويلامس أحد جانبي هذه العضلات طبقة تحت الأديم في حين تتاخم جوانبها الداخلية تجويف الجسم وتقسم أوتار طبقة تحت الأديم طبقة العضلات إلى أربعة

شرائط أو حقول طولية وأحياناً حقلين وأحياناً أخرى ثمانية حقول حسب عدد الأوتار الموجودة في جسم النيماتودا وعند نهاية الرأس والذنب تصغر وتضمحل هذه الشرائط.

2 - 4 - الجهاز الهضمي Digestive system:

يتكون الجهاز الهضمي من أنبوبة اسطوانية بسيطة التركيب يصب فيها مجموعة من الغدد الهاضمة ويمكن تقسيم الجهاز الهضمي في النيماتودا إلى القناة الهضمية الأمامية stomodeum والقناة الهضمية الوسطى (الأمعاء) mesenteron والقناة الهضمية الخلفية proctodeum.

تبدأ القناة الهضمية بفتحة الفم وتنتهي بفتحة خاصة في الإناث واليرقات تدعى بالشرج anus وبفتحة مشتركة للتناسل وخروج الفضلات في الذكور يطلق عليها المجمع cloaca.

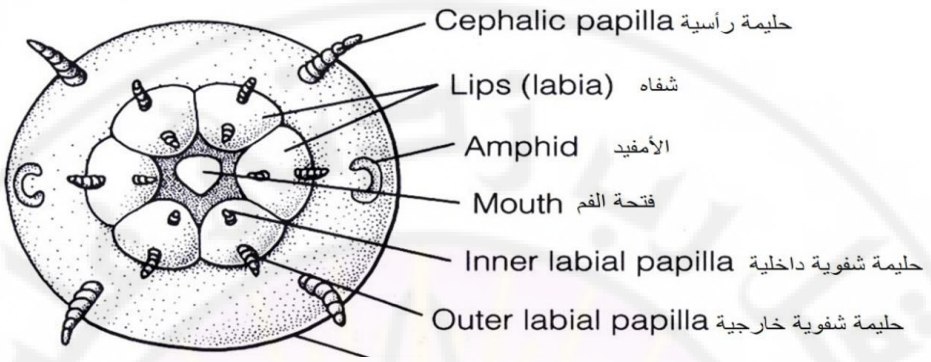
2 – 4 – 1 – القناة الهضمية الأمامية stomodeum:

وتتكون من الفم والشفاه stoma وتجويف الفم Buccal cavity والمري Eesophagus وغدده والصمام المريء المعوي Cardia.

2 – 4 – 1 – آ – الفم stoma:

يحيط بالفم الواقع في مقدمة جسم النيماتودا ست شفاه منتظمة بشكل دائري (شفتان جانبيتان، شفتان تحت بطينيتين واثنان تحت ظهريتين). ويتحور هذا النظام الأساسي في الأجناس المختلفة للنيماتودا ففي بعضها توجد ثلاث شفاه نتيجة لاندماج جزئي بين كل اثنتين متجاورتين أو حلقة شفوية نتيجة الاندماج الكلي للشفاه. وفي البعض الآخر تكون الشفاه ذات حجوم مختلفة وأحياناً يبدو الرأس دون شفاه ويظهر محلها تراكيب أخرى مثل الشفاه الكاذبة والحوامل وقد تتخذ أشكالاً مثل الشكل التاجي كما في الجنس Acrobeles أو الخطافي أو شكل شوكة أو امتدادات متفرعة. ويوجد على كل شفة زوج من الحليمات الحسية الدقيقة (شكل 2 – 7)

وينسجم تركيب هذه الحليمات مع التحورات المذكورة آنفاً في النظام الأساسي لترتيب الشفاه ويبين الشكل ذاته التراكيب الحسية الأخرى في هذه المنطقة كالأمفيد والحليمات الرأسية.



شكل (2 – 7) رسم تخطيطي لرأس النيماتودا (منظر وجهي) يظهر الشفاه وأعضاء الحس الرأسية

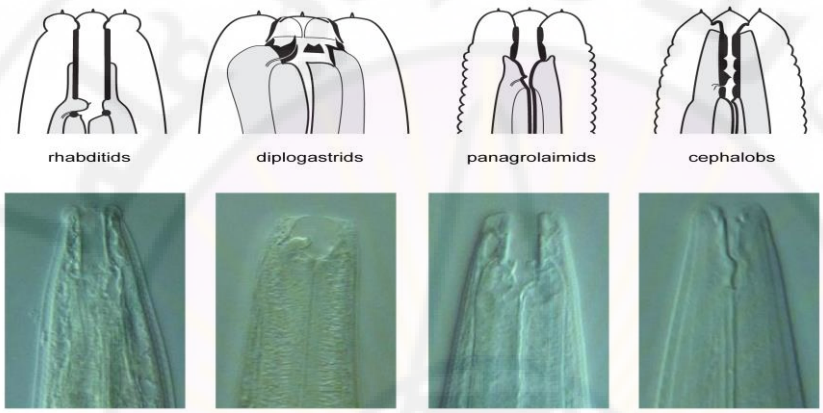
2 – 4 – 1 – ب – تجويف الفم Buccal cavity:

يلي فتحة الفم التجويف الفمي مباشرة والمبطن بطبقة من الكيوتيكل الداخلي ويعتبر ذلك التجويف من الصفات التصنيفية الهامة لتمييز الأنواع المختلفة من النيماتودا.

هذا وللتجويف الفموي أشكال وأحجام وتراكيب مختلفة تكيف كل منها وفقاً لطريقة معينة من التغذية فالأنواع التي تتغذى على البكتريا تمتلك تجويفاً فموياً اسطوانياً أو قمعياً ذا تبطين ناعم كما في الجنس *Rhabditis* تتمكن بواسطته أخذ السوائل الحاوية على البكتريا (الشكل 2 – 8 – A).

أما الأنواع المفترسة فتمتلك إما أسناناً صغيرة denticles وتنشأ من تصلب بعض أجزاء تجويف الفم وإما كلاّبات (أسنان كبيرة) onchia كما في النيماتودا المفترسة *Mononchus* تستطيع النيماتودا بواسطتها مسك وتقطيع جسم الفريسة والتغذية عليه. (الشكل 2 – 8 – E).

وقد يتحور تجويف الفم في النيماتودا المتطفلة على النبات إلى تركيب خاص يدعى الرمح stylet وذلك باندماج جدر تجويف الفم وهذا يساعدها على اختراق الأنسجة النباتية وحقن العصارة الهاضمة وامتصاص المحتويات السيتوبلاسمية للخلايا النباتية ولا يقتصر وجود الرمح على النيماتودا المتطفلة نباتياً بل هناك بعض الأنواع الأخرى المتطفلة والمفترسة مثل نيماتودا *Dorylaimus* و *Seinura* تمتلك رمحاً من النوع odonto stylet تخترق به جسم الفريسة وتمتص محتوياتها. (شكل 2 – 8 – C).



شكل (2 – 8) رسم تخطيطي لمنطقة الرأس يوضح الاختلاف في شكل تجويف الفم

A – تجويف الفم الاسطواني عند الجنس *Rhabditis*.

B – الرمح من نوع stomatostylet عند النيماتودا جنس *Tylenchus*.

C – الرمح من نوع odotostylet عند النيماتودا جنس *Dorylaimus*.

D – تجويف الفم عند الجنس *Discolaimus*.

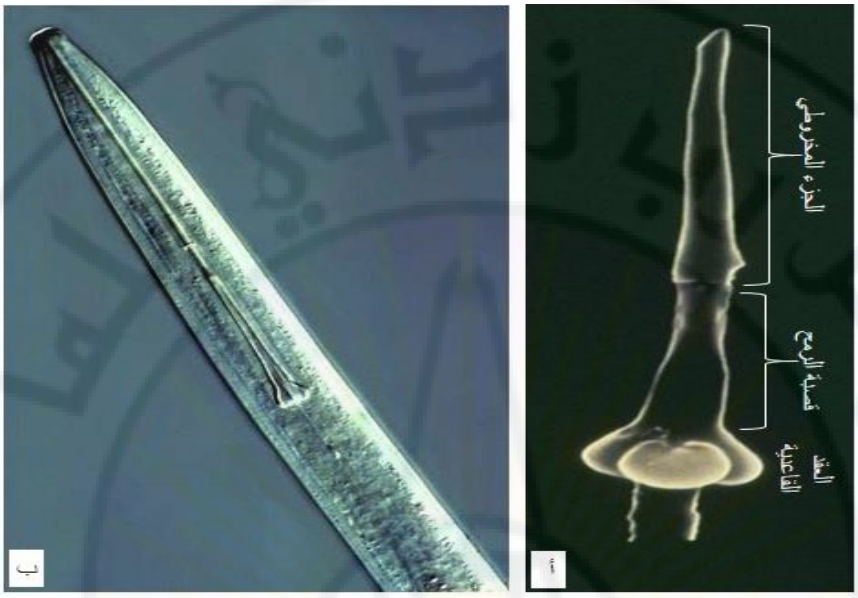
E – تجويف الفم القمعي والمزود بأسنان كما في الجنس *Mononchus*.

2 – 4 – 1 – جـ – الرمح stylet (spear):

يمكن تمييز نوعين من الرماح في النيماتودا المتطفلة على النبات وذلك حسب نشأته وشكله ففي رتبة Tylenchida ينشأ الرمح من اندماج وتصلب جدر تجويف الفم stoma، ولذلك يعرف هذا النوع باسم stomatostyle ويتكون من كيوتيكل متصلب

يحتوي على تجويف ضيق جداً يتصل بتجويف المري من الخلف وينقسم إلى ثلاثة أجزاء رئيسة:

جزء أمامي مخروطي conical part وجزء وسطي يسمى قصبة الرمح shaft وجزء خلفي يتألف من ثلاث عقد قاعدية basal knobs. (شكل 2 – 9 – آ).



شكل (2 – 9) التمييز بين نوعين من أنواع الرمح في النيماتودا المتطفلة على النبات
آ – صورة مجهرية لرمح نيماتودا التقرح *Pratylenchus* من النوع stomatostyle
ب – الرمح من النوع odontostyle.

ويختلف شكل الرمح باختلاف أنواع النيماتودا في الطول والحجم ودرجة تطور العقد القاعدية ولذلك أهمية تصنيفية هامة للأنواع المختلفة فقد يكون صغيراً وضعيفاً كما في الجنس *Anguina* أو يظهر بشكل رمح طويل كما في الجنس *Criconemoides* أو يبدو دون عقد كما في حالة الجنس *Aphelenchus*. (شكل 2 – 10).



شكل (2–10) الاشكال المختلفة للرمح عند النيماتودا

2 – 4 – 1 – د – المري Esophagus:

يطلق لفظ المري على المنطقة من القناة الهضمية والتي تقع بين تجويف الفم وبين صمام المريئي المعوي الذي يتحكم باتجاه حركة الغذاء وحركة العصارات الهاضمة.

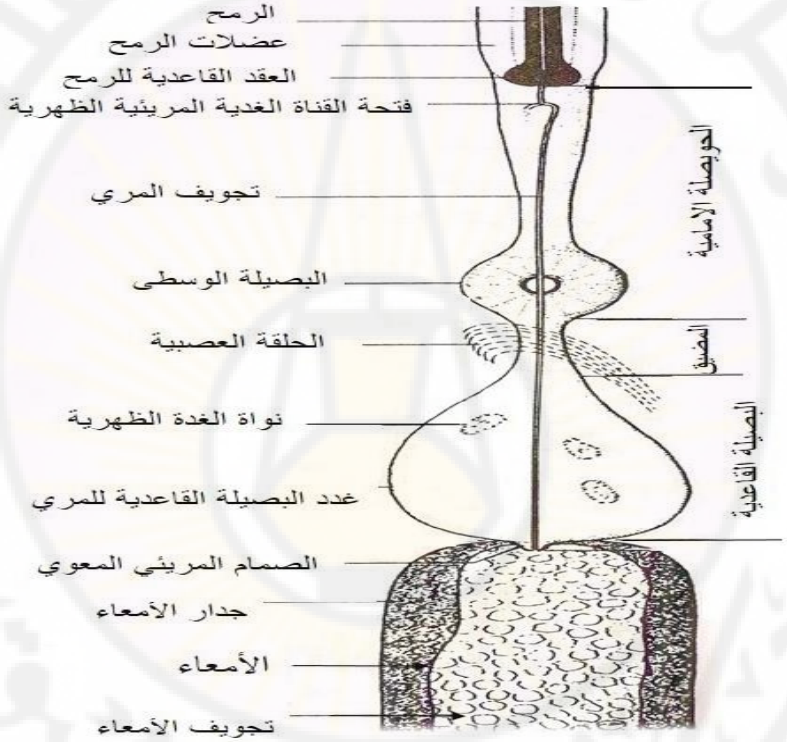
المري عبارة عن أنبوب غدي وعضلي وعادة ما يكون المقطع العرضي لتجويفه ذا شعب ثلاث ويبطن تجويف المري lumen بالكيوتيكل، ويحتوي جدار المري على العديد من العضلات الشعاعية التي تربط جدار تجويف المري بمحيطه الخارجي، وعند انقباض هذه العضلات يتسع تجويف المري مما يساعد على سحب الغذاء عن طريق الفم أو ضخ العصارات الهاضمة إلى الخارج. أما عند ارتخاء هذه العضلات يغلق التجويف، ويغطي المري من الخارج غشاء يفصله عن الجوف الكاذب. ينقسم المري في العديد من أنواع النيماتودا النباتية رتبة Tylenchida إلى 3 مناطق رئيسة هي:

1 – الجسم Corpus: يلي تجويف الفم وهو ذو شكل أنبوبي، يتميز إلى منطقتين إحداهما أنبوبية الشكل تعرف بالحويصلة الأمامية Procorpus خالية من العضلات والأخرى خلفية metacorpus على شكل بصلة وتعرف أحياناً بالبصيلة الوسطى median bulb

وهي أوسع من الحويصلة الأمامية وتكون أحياناً على شكل مضخة عضلية تحتوي على صمام متصلب Valve وعضلات شعاعية وتأخذ أشكالاً مختلفة.

2 – **المضيق Isthmus:** أو الازماس وهو المنطقة الأنبوبية الضيقة التي تربط البصيلة الوسطى مع البصيلة القاعدية ويختلف طولها باختلاف أنواع النيماتودا وهي غالباً عديمة الأنوية، وتحاط بالحلقة العصبية nerve ring.

3 – **البصيلة القاعدية Basal bulb:** وهو الجزء الذي يقع قبل الأمعاء مباشرة ويتصل مع الأمعاء بالصمم المرئيئ المعوي cardia وهي منطقة غدية ويقع الجزء الغدي من المري والذي يتألف عادة من ثلاث غدد في القسم الخلفي من المري.



شكل (2 – 11) الشكل النموذجي للمري في رتبة Tylenchida وأجزاؤه المختلفة.

2 - 4 - 1 - هـ - الصمام المريئي المعوي Cardia:

وهي الوصلة التي تربط بين المري والأمعاء من خلال تركيب قصير مبطن بالكيوتيكل. ويختلف حجم الصمام فقد يكون صغيراً غير واضح أو كبير الحجم ومتميزاً ويكون بشكل أساسي ثلاثياً شعاعياً يعمل على عدم رجع الغذاء من الأمعاء إلى المري وخاصة عندما تكون الأمعاء ممتلئة بالسوائل.

2 – 4 – 1 – و – القناة الهضمية الوسطى (الأمعاء) Intestine (Mesenteron):

وهي عبارة عن أنبوبة بسيطة التركيب وتشمل على الأجزاء التالية الجزء الأمامي من الأمعاء ويعرف بالمعدة Ventriculus والجزء الأوسط ويعرف بالأمعاء الحقيقية Intestine proper والجزء الخلفي وهو ما قبل المستقيم pre-rectum. وتتكون جدران الأمعاء من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية وغشاء قاعدي عبارة عن نسيج ضام. ينشأ من هذه الخلايا زغب ناعم Microvilli يبطن تجويف الأمعاء ولهذا الزغب أهمية في زيادة سطح الامتصاص لبطانة الأمعاء.

2 – 3 – 3 – القناة الهضمية الخلفية Proctodeum وتشمل الصمام المعوي المستقيمي والمستقيم وغدده في الإناث أو المجمع (المقذرة) وملحقاته في الذكور.

وتتكون من المستقيم rectum وهو عبارة عن تركيب أنبوبي الشكل يبطن بالكيوتيكل وينتهي المستقيم بفتحة الشرج anus عند الإناث واليرقات وهي عبارة عن شق عرضي في الجهة البطنية تتحكم في فتحها عضلة وحيدة الخلية. والمجمع Cloaca وفتحة المجمع Cloacal pore عند الذكور حيث يفتح الجهاز التناسلي والهضمي إلى الخارج خلال فتحة واحدة مشتركة.

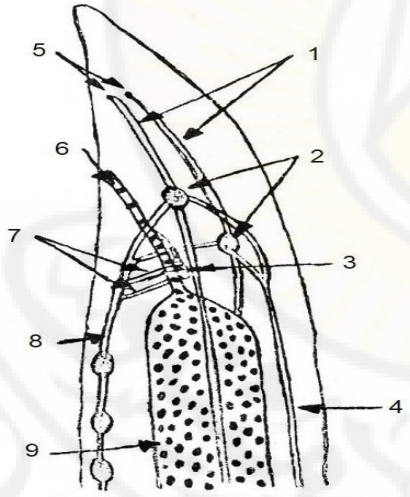
ويتصل المستقيم بالأمعاء عن طريق الصمام المعوي – المستقيمي intestinal-rectal valve،

2 - 5 - الجهاز العصبي Nervous system:

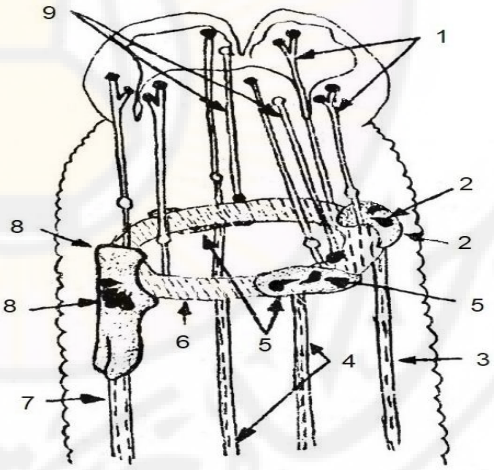
يتكون الجهاز العصبي في النيماتودا من الحلقة العصبية Nervering وعدد من الحبال العصبية الطولية بالإضافة إلى بضعة أعضاء حسية تنتشر في جميع أنحاء الجسم وخاصة في منطقتي الرأس ومؤخرة الجسم.

وتمثل الحلقة العصبية المركز الرئيسي للجهاز العصبي وتتكون من مجموعة كبيرة من الألياف العصبية والعقد العصبية المصاحبة لها وهناك بعض الأجناس مثل *Xiphinema* و*Longidorus* تحتوي على حلقتين عصبيتين وفي أفراد رتبة Tylenchida تحيط الحلقة العصبية بالمري في منطقة المضيق، وتحيط بالجزء الأمامي الأنبوبي الشكل من المري في الجنس *Dorylaimus* أو بالجزء الخلفي من المري في بعض أفراد *Cephalobes*.

ويمتد من الحلقة العصبية إلى الأمام ستة خطوط عصبية طولية تسمى بالأعصاب الشفوية papillary nerves وتشمل الأعضاء الحسية الرأسية مثل الحليمات والأشواك إضافة لما سبق فهناك عصبيان أمفيديان Amphidial nerves يمتدان أمامياً. كما يمتد أيضاً من الحقلة العصبية عدد من أعصاب طولية خلفية ومن أهمها العصبان الظهري والبطني والحبال العصبية الجانبية يقع كل منها في أحد الأوتار الأربعة لطبقة



ب- منطقة ذيل انثى النيماتودا جنس Ascaris



أ- منطقة رأس النيماتودا جنس Rhabditis

كل (2 . 12) رسم تخطيطي للجهاز العصبي عند النيماتودا.
أ . 1 . أعصاب الحليمات الشفوية، 2 . العقدة العصبية الظهرية، 3 . العصب الظهري،
4 . العصب الجانبي، 5 . العقد العصبية الجانبية، 6 . الحلقة العصبية، 7 . العصب البطني،
8 . العقدة العصبية البطنية، 9 . الأعصاب الأمفيدية.
ب . 1 . الأعصاب البطنية الجانبية (لاحظ التقائها)، 2 . عقد عصبية قطنية، 3 . عقد عصب المستقيم الظهري، 4 . العصب الظهري، 5 . الفاسميد، 6 . المستقيم، 7 . توصيلات عصبية، 8 . العصب البطني، 9 . الأمعاء.

2 – 5 – 1 – الأعضاء الحسية Sense Organs:

يرتبط بالجهاز العصبي مجموعة من الأعضاء الحسية التي تنتشر في جميع أنحاء جسم النيماتودا وخاصة في مقدمة الجسم ونهايته حيث تساعدها في التعرف على التغيرات البيئية.

1 – أعضاء الحس الرأسية Cephalic Sense organs:

وتشمل مستقبلات حسية كيميائية عبارة عن زوج من الأعضاء الأمفيدية amphids وكذلك مستقبلات حسية ميكانيكية (لمسية) تتمثل في ستة عشر عضواً حسياً مرتبة في ثلاث دوائر حول الفم.

وتأخذ جميع هذه الأعضاء فيما عدا الأعضاء الأمفيدية أحد الشكلين التاليين: إما شكل الشعيرة مثل الأشواك الرأسية الأربعة الموجودة في منطقة الشفاه أو تكون على شكل ندبة مثل الحليمات الشفوية الخارجية والداخلية الاثنتي عشرة. وهي عبارة عن أعضاء حسية تتكون من ارتفاعات صغيرة في الكيوتيكل عند نهاية الألياف العصبية والتي قد ترتبط مع بعض التراكيب الغدية.

والأعضاء الأمفيدية: عبارة عن زوج من الأعضاء الحسية تقع على جانبي الرأس، وتغطى الفتحات الخارجية لها بالكيوتيكل ولها أشكال وأحجام مختلفة تفيد في التمييز بين أنواع النيماتودا المختلفة فمنها ما يأخذ شكل الثقب أو الشق أو يكون حلزونياً أو دائرياً أو مستطيلاً أو جيبياً.

وتعمل الأعضاء الأمفيدية كمستقبلات حسية كيميائية Chemoreceptors تساعد في تحديد جذور العائل المناسب بالاستجابة لإفرازات الجذور الكيميائية كما يمكنها استقبال المواد الجنسية الجاذبة وتتمتع بالتحسس للمؤثرات البعيدة نسبياً.

2 – أعضاء الحس الذيلية Caudal sense organs:

وتشمل هذه الأعضاء زوجاً من الأعضاء الفازميدية Phasmids بالإضافة إلى مجموعة من الأعضاء الحسية الجنسية التي هي عبارة عن حلمات تناسلية حسية توجد في مؤخرة جسم الذكر وتقع إما داخل كيس السفاد أو تكون بشكل ندب. أما الأعضاء الفازميدية: فهي عبارة عن زوج من أعضاء الحس ويقع على جانبي مؤخرة الجسم ويختلف حجمها وموقعها حسب أنواع النيماتودا ويعتبر من الصفات التصنيفية الهامة.

2 - 6 - الجهاز التناسلي Reproductive System:

في معظم أنواع النيماتودا تكون الأجناس منفصلة إلا أن هناك حالات قليلة تكون فيها النيماتودا خنثى Hermaphrodites ويسهل تمييز كلا الجنسين عن بعضهما في مرحلة النضوج باختلاف أعضائهما وصفاتهما المظهرية، مثل وجود شوكتي السفاد والحليمات الجنسية وكيس السفاد عند بعض الذكور ووضوح الفتحة التناسلية الأنثوية من الجهة البطنية في الإناث.

ومن حيث الصفات المظهرية في بعض أجناس النيماتودا مثل *Meloidogyne*، *Heterodera* يمكن التمييز بين كلا الجنسين على أساس الشكل الخارجي ففي حين تنتفخ الإناث لتأخذ أشكالاً مختلفة (كروياً أو ليمونياً) تبقى الذكور محافظة على شكلها الخيطي. وبشكل عام في النيماتودا المتطفلة على النبات عادة ما يكون الذكر أصغر حجماً من الانثى.

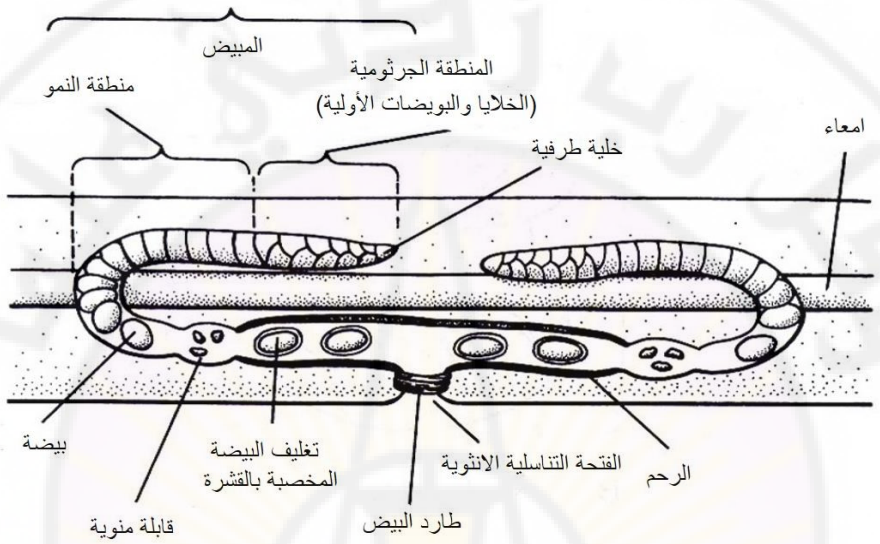
يتكون الجهاز التناسلي في كلا الجنسين من غدة واحدة أو غدتين تناسليتين gonads والتي تختلف كثيراً في الطول والشكل والتوضع (فقد تكون مستقيمة أو منعكسة أو حلزونية) حسب نوع النيماتودا.

2 – 6 – 1 – الجهاز التناسلي الانثوي Female reprodactive system:

يتألف هذا الجهاز من أنبوب غدي واحد Monodelphic أو أنبوبين غديين متطاولين Didelphic وتختلف إناث النيماتودا في أشكال أجهزتها التناسلية حسب موقع الفتحة التناسلية الأنثوية فإذا كانت الفتحة في الوسط يدعى النموذج Amphidelphic أما

إذا كانت الفتحة التناسلية في أعلى الجسم تقريباً ويمتد الجهاز التناسلي أو المبيض إلى الخلف فيدعى نموذج Oprsthodelphic ويدعى النموذج الثالث Prodelphic عندما تكون الفتحة التناسلية في المنطقة الخلفية وتمتد الأعضاء التناسلية أو المبيض إلى الأمام.

ويوضح الشكل الجهاز التناسلي الانثوي في النيماتودا.



شكل (2 – 13) الجهاز التناسلي الانثوي في النيماتودا.

من الغدة الأنبوبية والذي يقوم بإنتاج البيوض، وعلى وجه العموم يمكن تقسيم المبيض إلى منطقتين: وهما منطقة انقسام الخلايا (المنطقة الجرثومية) germinal zone التي تحتوي على خلايا جنسية صغيرة تسمى البويضات الأولية oogonia ويحدث فيها انقسامات سريعة وعديدة للخلايا، ومنطقة النمو growth zone حيث تنمو وتتطور هذه البيوض لتكون الخلايا البيضية oocytes ومن ثم تتراكم فيها الآليات والأنظمة الخلوية اللازمة لتكوين الجنين embryo.

نادراً جداً ما تتميز النيماتودا بوجود غدة تناسلية تتكون الخلايا الجرثومية على طولها hologomic gonod فغالبية الغدد التناسلية من النوع tologonic الذي تتكاثر فيه الخلايا الجرثومية في الطرف النهائي للغدة.

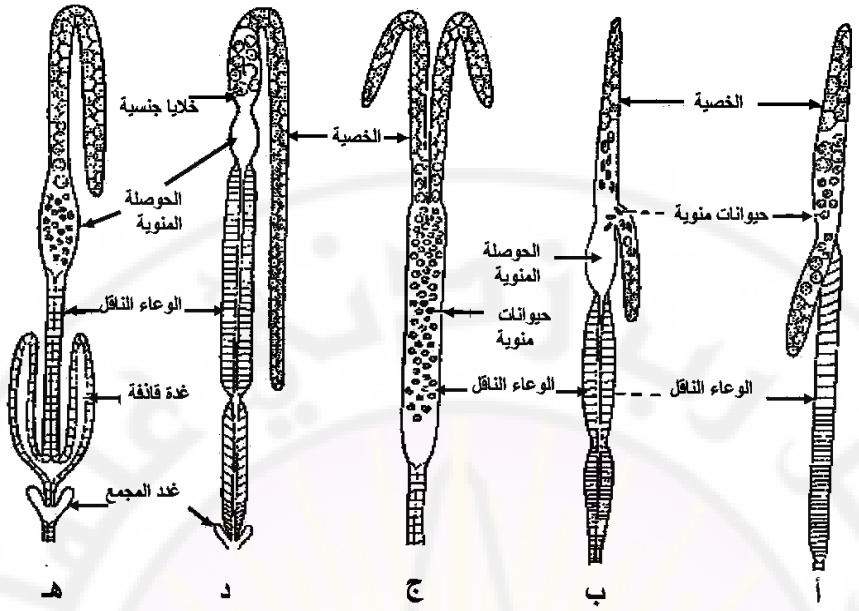
يتصل المبيض بالرحم uterus – هو عبارة عن أنبوبة متسعة يتم فيها إحاطة البيضة بالقشرة الخارجية بعد إخصابها – بواسطة القناة الناقلة للبيض oviduct وهي أنبوبة ضيقة ذات جدار سميك تتسع في نهايتها عند بعض الأنواع لتكون تركيباً خاصاً يشبه الكيس المنوي (المحفظة المنوية) spermatheca يقوم بخزن الحيوانات المنوية. ويتم إخصاب البيوض في الجزء الأمامي من الرحم أو في نهاية الكيس المنوي.

وفي الأنواع أحادية الغدة التناسلية monodelphic كيس رحمي خلفي وهو عبارة عن امتداد صغير في نهاية الرحم، يقوم بوظيفة الكيس المنوي.

يؤدي الرحم أو الرحمان إلى تركيب عضلي قصير مبطن بالكيوتيكل يدعى المهبل vagina يفتح إلى الخارج خلال الفتحة التناسلية الانثوية vulva التي تقع على السطح البطني لجسم النيماتودا وتساعد العضلات الموجودة في هذه الفتحة على توسيعها عند وضع البيض الذي يكون على درجات متفاوتة من النموات الجنينية حسب أنواع النيماتودا.

2 – 6 – 2 – الجهاز التناسلي الذكري Male reprodactiue system:

يتألف الجهاز التناسلي الذكري من خصية واحدة monorchis متجهة إلى الأمام كما في معظم أنواع النيماتودا التابعة لتحت صف Secernentea ما عدا الأنواع التابعة للأجناس *Heterodera, Meloidogyne*. أما ذكور نيماتودا النبات التابعة لتحت صف Adenophorea فالجهاز التناسلي الذكري يتكون من خصيتين diorchis متجهتين نحو الأمام أو مختلفين في الاتجاه وتشترك كل منهما في القناة الناقلة للنطاف ويستثنى من ذلك نيماتودا تقصف الجذور. حيث يتكون الجهاز التناسلي الذكري من خلية غدية واحدة.



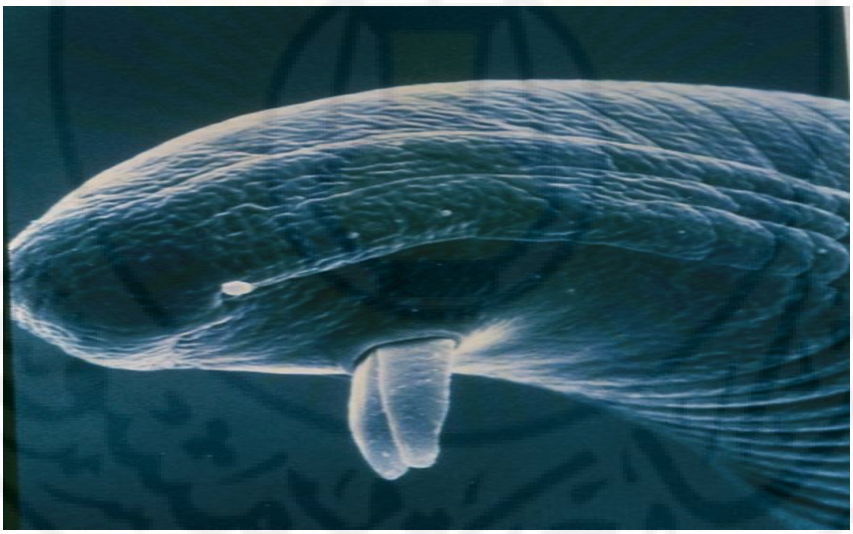
(شكل رقم 2 – 14) الأنواع المختلفة من الأجهزة التناسلية الذكرية.

ينقسم الجهاز التناسلي الذكري إلى عدة أقسام متمايزة تبدأ بالخصية وتنتهي بالمجمع. تتألف الخصية والتي هي عادة غدة أنبوبية من منطقتي الانقسام والنمو اللتين تتكون فيهما الحيوانات المنوية spermatozoa وتكبر في الحجم وتنضج ثم تتجمع هذه الحيوانات المنوية في الحويصلة المنوية seminal vesicle وهي جزء متسع من الجهاز التناسلي يتم فيه تخزين الحيوانات المنوية. ويوجد لقليل من أنواع النيماتودا وعاء مصدر vas efferens وهو جزء أنبوبي متخصص يفصل ما بين منطقة النمو في الخصية والحويصلة المنوية. يلي الحويصلة المنوية الوعاء الناقل للحيوانات المنوية vas deference تتميز فيها عادة منطقتان الأولى أنبوبية والثانية غدية. وغالباً ما تزود هذه القناة بقناة قاذفة ejaculatory duct تقذف الحيوانات المنوية عن طريقها.

وعادة ما يحيط بالقناة القاذفة زوج من الغدد الإفرازية التي تفرز إفرازاً خاصاً يساعد الذكر على احتضان الانثى في أثناء عملية السفاد بالإضافة إلى تركيبات عضلية. وتجد الحيوانات المنوية (التي تتخذ أشكالاً مختلفة كالقرصي والكروي والأميبي وهي غير مزودة بذيل) طريقها إلى الخارج من خلال فتحة المجمع (المقذرة) الواقعة على السطح البطني لجسم النيماتودا.

كما يتبع الجهاز التناسلي الذكري بعض التراكيب الخاصة التي تساعد في عملية السفاد والتي تشمل:

أ – **الأشواك Spicules:** غالباً ما يكون عددها شوكتين تقعان داخل انخماص في جدار المجمع تتكونان من لب سيتوبلازمي محاط بطبقة من الكيوتيكل وفي أثناء السفاد تنغرز هاتان الشوكتان في مهبل الانثى مما يؤدي إلى اتساع الفتحة التناسلية مكونتين ممراً للحيوانات المنوية ويرتبط بهاتين الشوكتين تراكيب ثانوية مساعدة كالغدد والعضلات والأعضاء الحسية والأعصاب الخاصة ويختلف شكل وحجم هاتين الشوكتين باختلاف الأنواع لذلك يمكن اعتمادها في تحديد النوع (شكل رقم 2–15).



(شكل رقم 2 – 15) صورة بالمجهر الالكتروني تبين شوكتي السفاد عند ذكر نيماتودا تعقد الجذور.

ب – العضو المرشد Gubernaculum: يقع إلى جانب شوكتي السفاد وهو عبارة عن تركيب سكليروتيني يساعد في توجيه حركة الشوكتين في أثناء السفاد.

ج– – كيس السفاد Bursa: وهو عبارة عن تضخم طولي في الكيوتيكل عند النهاية الخلفية لجسم الذكر في العديد من أنواع النيماتودا يساعد على الإمساك بالانثى في أثناء عملية السفاد (شكل رقم 2 – 25). وقد يغيب كيس السفاد عند ذكور بعض الأجناس مثل: *Aphelenchoides, Meloidogyne, Heterodera* وعادة يبدأ التضخم في الكيوتيكل فوق فتحة المجمع وينتهي إما قبل نهاية الذيل ويدعى في هذه الحالة Leptodere Bursa كما هو الحال عند الأجناس *Tylenchus, Ditylenchus* أو ينتهي مع نهاية الذيل ويسمى Pelodere Bursa وهذا النموذج يوجد عند الأجناس *Pratylenchus*، *Tylenchorhynchus, Rotylenchus*.

2 - 7 - الجهاز الإطراحي في النيماتودا

يعد الجهاز الإطراحي في النيماتودا بدائياً وغاية في البساطة ويختلف في شكله وتركيبه باختلاف أنواع النيماتودا ويوجد نوعان أساسيان لأجهزة الإطراح هما النوع الغدي glandular type والنوع الأنبوبي tubular type.

2 – 7 – 1 – النوع الغدي Glandular type:

ويميز الأفراد التابعة لتحت صف Adenophorea الذي يضم نيماتودا التربة والنيماتودا المتطفلة على النبات ويتكون بشكل أساسي من غدة إطراحية excretory cell بطنية وحيدة الخلية (شكل رقم 2 – 16 – E) تقع في تجويف الجسم بالقرب من منطقة المري وهذه الخلية مزودة بقناة قد تكون قصيرة أو طويلة وهي غالباً غير مبطنة بالكيوتيكل إلا في الجنس *Plectus* إذ تبطن قناتها بالكيوتيكل الخارجي بحيث تمتد إلى الخلف وتنتفخ لتكون خلية الغدة (شكل رقم 2 – 16 – F) تفتح القناة على منتصف الخط البطني لجسم النيماتودا ويطلق على فتحة الغدة فتحة الإطراح

excretory pore وتقع عادة بالقرب من الحلقة العصبية وهناك بعض الاستثناءات لذلك فالأفراد التابعة لرتبة Dorylaimida لا تحتوي على أية تركيبات تدل على وجود جهاز الإطراح.

2 – 7 – 2 – النوع الأنبوبي Tubular type:

يميز الأفراد التابعة لتحت صف Secernentea ويتكون الجهاز الإطراحي فيها من عدة أنماط فالنمط شكل حرف H وهو عبارة عن أنبوبتين طوليتين تمتدان جانبياً داخل الحبال الجانبية في منطقة تحت الأديم تتحدان بقناة عرضية excretory sinus – التي يلحق بها أحياناً زوج من الخلايا الغدية التحت بطنية – تتصل بقناة إطراحية مبطنة بالكيوتيكل وتفتح إلى الخارج بالفتحة الإطراحية أما النمط مقلوب الحرف U فيختزل فيه الجزء الأمامي من الأنبوبتين الطوليتين وفي أفراد رتبة Tylenchida يتحور جهاز الإطراح ليكون قناة فردية واحدة تمتد نحو الأمام والخلف في أحد الأوتار الجانبية بطبقة تحت الأديم أو يكون حراً في تجويف الجسم ويتصل هذا الأنبوب بقناة إطراحية مبطنة بالكيوتيكل تفتح إلى الخارج بالفتحة الإطراحية.



شكل رقم (2 – 16) الأنماط المختلفة للجهاز الإطراحي في النيماتودا

ويمكن تلخيص وظائف الجهاز الإطراحي بالنقاط التالية:

(1) طرح نواتج التمثيل الغذائي على شكل مركبات نيتروجينية وفي الحقيقة لا يؤدي الجهاز الإطراحي دوراً رئيسياً في عملية الإطراح لكونه بدائياً وغاية في البساطة وتقوم القناة الهضمية بهذه الوظيفة إلى جانب دورها في تنظيم الضغط الإسموزي.

(2) تنظيم الضغط الأسموزي لسوائل الجسم وتعتبر من أهم وظائف جهاز الإطراح.

(3) له دور في عملية الإنسلاخ حيث لوحظ حدوث تغيرات في جهاز الإطراح تسبق عملية الإنسلاخ لها علاقة بحاجة النيماتودا للمركبات النتيروجينية لبناء الكيوتيكل وغيره.

المحاضرة الثالثة

أهم أجناس وأنواع النيماتودا الممرضة للنبات

Pathogenic Genera And Species Of Phytonematodes

3 – 1 – Anguina.

3 – 2 – Heterodera and Other Cyst Nematodes.

3– 3 – Meloidogyne.

3 - 1 - الجنس *ANGUINA*:

3 – 1 – 1 – مقدمة Introduction:

يضم هذا الجنس أكثر من 40 نوعاً وجميعها تسبب تكوين عقد (ثآليل) على البذور والأوراق وغيرها من الأجزاء الخضرية فوق سطح التربة. لذا تسمى هذه النيماتودا بنيماتودا تعقد البذور والأوراق وأحياناً بنيماتودا تعقد الأوراق والأزهار. يعتبر معظم أفراد هذا الجنس متطفلات داخلية مهاجرة على كثير من محاصيل الحبوب والأعشاب مثل النوع *A.agrostis* الذي ينتشر في اوروبا وأمريكا الشمالية ويسبب أضراراً كبيرة لـ Agrostis. spp ولكن أهم الأنواع اقتصادياً هو النوع *A.tritici* على القمح وهو أول نيماتودا تسجل كطفيليات على النبات عام 1743. وتسبب هذه النيماتودا مرض ثآليل حبوب القمح seed gall Nematode

الذي كان منتشراً في جميع مناطق زراعة القمح في العالم. وبالرغم من إمكانية مكافحة هذا المرض إلا أنه لا يزال موجوداً في العديد من دول حوض البحر الأبيض المتوسط وشرق أوروبا وآسيا وسوريا. وقد يصل الفقد في المحصول من 30 – 70% حسب شدة الإصابة.

3 – 1 – 2 – الأعراض Symptoms:

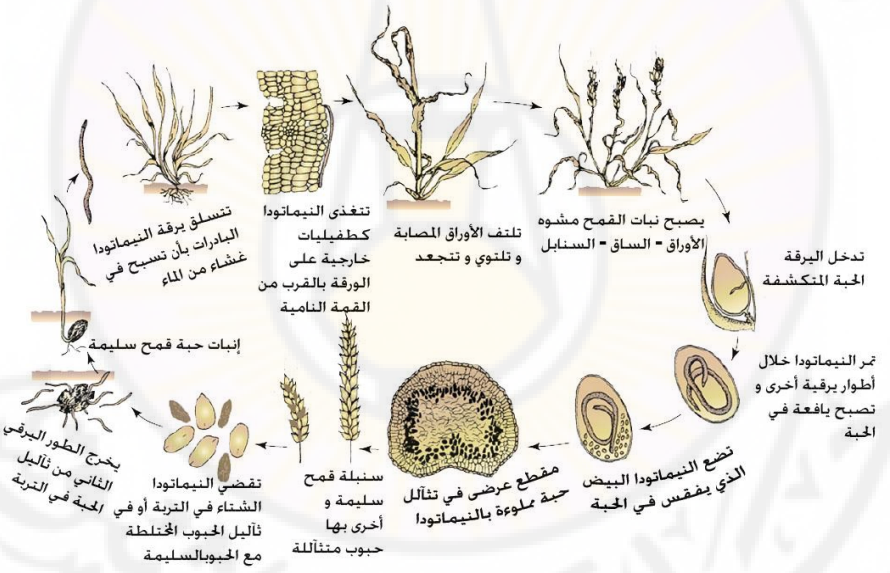
تتكشف الأعراض على النباتات في جميع مراحل النمو وتظهر أول الأعراض بصورة انتفاخ قاعدة الساق للبادرات التي يصل عمرها من 20 – 25 يوم وتكوين أوراق ملتفة ومتجعدة وتبدو النباتات المصابة متقزمة وقد ينتج عن شدة الإصابة موت النباتات، تظهر السنابل في النباتات المصابة قبل ظهورها مقارنة مع النباتات السليمة وتكون قصيرة وعريضة وقد تكون عديمة السفا أو ذات سفا متباعدة إلى الخارج، في حين تتحول الحبوب السليمة إلى اللون الصفر تبقى الحبوب المصابة خضراء لماعة لفترة أطول ثم تتحول إلى ثآليل فيما بعد ذات لون بني غامق أو أسود. وقد تحتوي بعض السنابل على ثآليل فقط أما البعض الآخر فيحتوي على ثآليل وحبوب وذلك حسب شدة الإصابة ويختلف حجم الثألولة تبعاً لأعداد النيماتودا الموجودة بداخلها.

3 – 1 – 3 – دورة الحياة Life Cycle:

تبدأ الإصابة من يرقات الطور الثاني المتواجدة في الثآليل فإذا ما زرعت حبوب قمح ملوثة بثآليل أو عند زراعة الحبوب في حقل ملوث ظهرت به أعراض الإصابة في الأعوام السابقة فإنها تصبح غضة طرية ويتشقق جدارها وتخرج منها يرقات تهاجم البادرات. وتتسلق اليرقات البادرة حيث تعيش كطفيل خارجي حول القمة النامية والأوراق المحيطة بها وتحدث الإصابة طالما كانت قمة النباتات النامية قريبة من سطح التربة. وأحياناً يحدث اختراق اليرقات لأنسجة الورقة مكونة بذلك عقد ورقية على حواف الأوراق. إلا أن هذا العرض نادر الحدوث إذ غالباً ما تظل اليرقات حول القمة النامية وبمجرد تكوين الأزهار تهاجم أنسجة الأزهار الجنينية

وتتجه إليها وتدخل في دور تطفلها الداخلي. تنضج بسرعة وتتطور إلى ذكور وإناث بالغة ثم يحدث التزاوج وتضع الإناث عدة آلاف من البيوض تموت الديدان البالغة ويفقس البيض معطياً يرقات في الطور الأول التي سرعان ما تتحول إلى الطور اليرقي الثاني وتدخل في طور سكون تام وتبقى ساكنة في هذا الطور داخل الثآليل حتى موسم الزراعة المقبل أو عند توفر الظروف المناسبة من الرطوبة والحرارة. إن دورة حياة ثآليل البندورة تعطي جيلاً واحداً فقط في السنة ويمكن أن يكون أكثر من جيل واحد.

تحتفظ اليرقات داخل العقد البذرية بحيويتها لسنين طويلة مقاومة للجفاف قد تصل إلى 30 عاماً وقد وجد أن العقدة البذرية الواحدة قد تحوي على 40 أو أكثر من البالغات من كلا الجنسين وعلى 10.000 – 30.000 بيضة والشكل (3 – 1) يبين دورة حياة نيماتودا ثآليل القمح.



شكل (3 – 1) دورة حياة نيماتودا ثآليل القمح المتسببة عن Anguina tritici

إن العامل الرئيسي في انتشار نيماتودا ثآليل القمح هو زراعة الحبوب الملوثة بالعقد البذرية أو الثآليل كما يمكن للآلات الزراعية (آلات الحصاد) أن تنقل الثآليل من حقل لآخر ويمكن أن يحدث الانتشار عن طريق التبن والسماد العضوي.

3 – 1 – 4 – التفاعل مع المسببات المرضية الأخرى

Interaction with other pathogens:

توجد علاقة وثيقة بين النيماتودا المسببة لثآليل القمح والبكتريا *Corynebacterium tritici* لإحداث ما يسمى بمرض العفن الأصفر على السنابل Yellow ear rot أو «tundu» ولا يمكن لأي منهما من إظهار الأعراض المميزة للمرض منفصلاً حيث تظهر إفرازات لزجة صفراء عبارة عن كتل البكتريا المتكونة داخل السنابل. ويحدث تفاعل مماثل في استراليا وأمريكا على الزيوان الحولي annual ryegrass بين النيماتودا *A.agrostis* والبكتريا *Corynebacterium rathayi* حيث تتطور البكتريا فقط في الثآليل التي أنتجتها النيماتودا والتي تتراكم فيها نتيجة للإصابة المشتركة مواد سامة لها تأثير على الجهاز العصبي عند تناول الحيوانات الثدية وخاصة الخراف لهذه الأعشاب المصابة حيث يمكن أن تسبب لها تسمم حاد أو موتها.

ويزداد تفاقم الأضرار وظهور الأعراض المرضية المختلفة عندما يرافق الإصابة بالنيماتودا الإصابة بالفطر المسبب لمرض التفاف الأوراق والسنابل الذي يسببه الفطر *Dilophospora alopecuri* على القمح.

3 – 1 – 5 – المكافحة Control:

إن الهدف من المكافحة هو الخفض من عدد الثآليل التي تسببها العدوى ويمكن ذلك عن طريق:

أ – استخدام البذور النظيفة الخالية من الثآليل والتي يمكن التخلص منها عن طريق الغربلة الميكانيكية المستخدمة في تنقية البذور أو بطرق أقل كفاءة مثل استخدام المحلول الملحي أو استخدام الماء الساخن لفصل الثآليل عن الحبوب السليمة.

ب – تجنب زراعة التربة الملوثة بمحصول حبوب قابل للإصابة في العام القادم.

جـ – اتباع الدورات الزراعية أو ترك الأرض الملوثة بور لمدة عام كما أن الرعي الجائر أثناء موسم النمو عوامل تمنع من إنتاج الثآليل ويمكن استخدام مبيدات الأعشاب لإجهاض إنتاج البذور المصابة.

د – تعتبر معالجة البذور ببروميد الميتيل Methyle bromide فعال ولكنه مرهق وشاق وضار للبيئة.

هـ – يمكن غربلة أصناف القمح واستخدام الأصناف المقاومة للإصابة.

3- 2 - Heterodera والأجناس المقاربة له:

3 – 2 – 1 – مقدمة Introduction:

تسمى النيماتودا المتحوصلة وتتميز بأن جسم الإناث الناضجة يتحول بعد موتها إلى حوصلة صلبة Cyst ذات قشرة قاسية وتبقى هذه الحويصلات في التربة وتضم بداخلها البيوض المخصبة حيث تحميها من الظروف البيئية والمؤثرات الخارجية لفترات طويلة (قد تصل 5–7 سنوات) وتشكل صعوبة كبيرة في مكافحة هذه الآفة. نشأت مشاكل النيماتودا المتحوصلة في أوروبا على الشوندر السكري منذ منتصف القرن الثامن عشر وعلى البطاطا خلال الحرب العالمية الثانية وتعد النيماتودا المتحوصلة من أهم الآفات النيماتودية على كثير من المحاصيل الزراعية خاصة في المناطق ذات الجو البارد كأوروبا وأمريكا وكندا. وتعتبر العامل المحدد لإنتاج الشوندر السكري في أوروبا والبطاطا في شمال أمريكيا. كما أن لها وجوداً أو تأثيراً ولو محدوداً في المناطق الدافئة وتحت الاستوائية كمنطقتنا العربية.

ورغم كثرة الأنواع التابعة للجنس *Heterodera* (حوالي 150 نوع) فإن هناك تخصصاً كبيراً أي أن كل نوع يصيب عائلاً واحداً أو عدداً محدداً جداً من العوائل النباتية.

ونظراً لتزايد أعداد النيماتودا تم تقسيم الأنواع التابعة للجنس *Heterodera* إلى عدة أجناس حسب الشكل المورفولوجي ومن أهم الأجناس *Globodera* و *Punctodera* و *Sarisodera*.

ومن أهم أنواع النيماتودا المتحوصلة وعوائلها *H.schachtii* على الشوندر السكري والسبانخ والكرنب، *H.avenae* على القمح والشعير والشوفان، *H.latipons* على القمح والشعير، *H.glycines* على فول الصويا، G.rostochiensis على البطاطا وتسمى النيماتودا الذهبية.

ويتم التمييز بين الأنواع المختلفة للنيماتودا المتحوصلة اعتماداً على شكل وحجم الحويصلات، تحزيزات الكيوتيكل، شكل النهاية الخلفية للأنثى بعد عمل مقطع عرضي بها. كما يلجأ أحياناً إلى اختبار النبات العائل والصفات المورفولوجية لليرقات لتحديد النوع.

3 – 2 – 2 – الأعراض Symptoms:

تتفق الأعراض التي تظهر على المجموع الخضري في الحقل مع مثيلتها في حالة نيماتودا تعقد الجذور من حيث ضعف النباتات والاصفرار الواضح والذبول المؤقت وتقزم النباتات وموت البادرات في حالة شدة الإصابة المبكرة. كما تثبط الإصابة بالنيماتودا المتحوصلة تكوين العقد البكتيرية النافعة على جذور البقوليات. ولا يظهر على المجموع الجذري للنباتات المصابة تكوين الأورام أو تقرحات إلا أن بعض الأنواع مثل *H.avenae* و *H.rosii* تكون أوراماً صغيرة في مواقع الإصابة إلى جانب بعض التقرحات. وقد تسبب النيماتودا المتحوصلة نمو غزير للجذور الثانوية مما يعطي المجموع الجذري منظراً شجيرياً يشبه اللحية. إن العلامات المرضية الأكثر تمييزاً لهذا المرض هو وجود الإناث

في أطوار نمو مختلفة عالقة بجذور النباتات حيث تكون الحديثة منها صغيرة بيضاء مطمورة جزئياً في الجذر أما الإناث القديمة فتكون أكبر وعلى سطح الجذر بصورة كاملة تقريباً وتظهر صفراء أو بنية اعتماداً على نضجها.

3 – 2 – 3 – دورة الحياة Life Cycle:

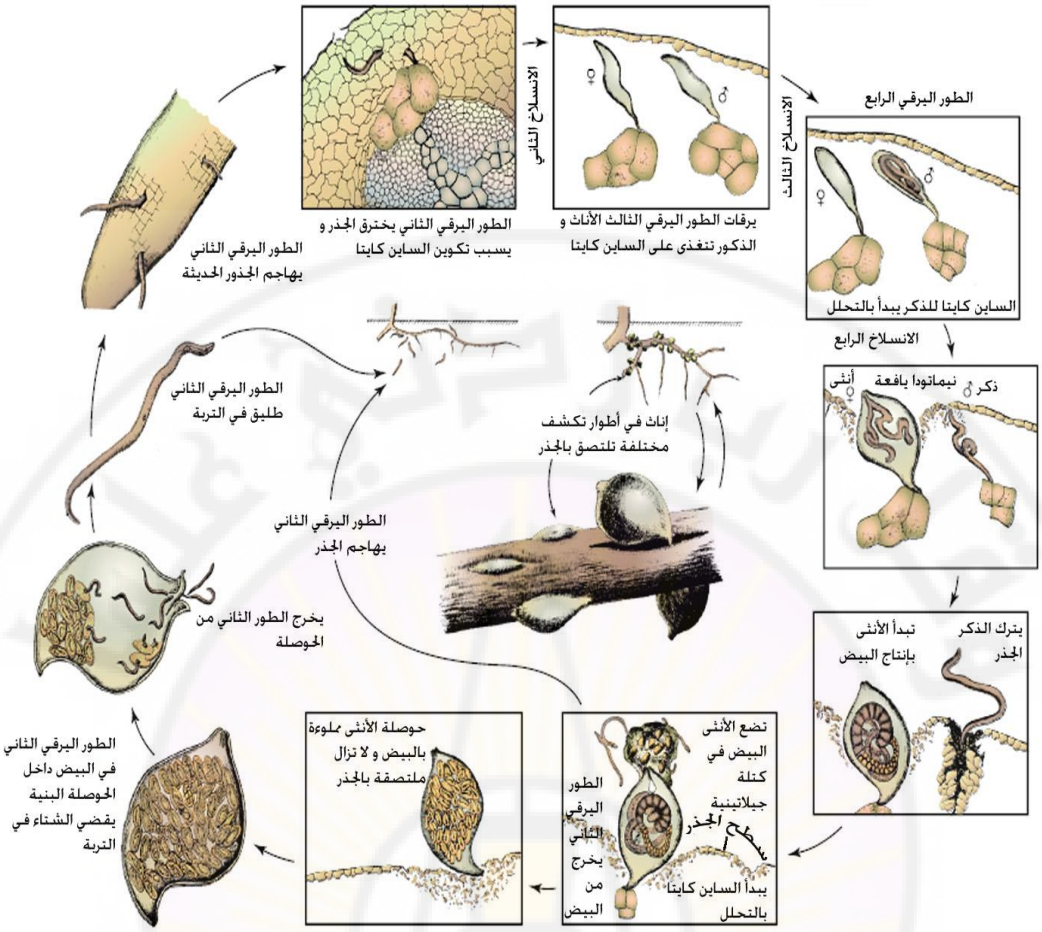
يتعرض الكيوتيكل عند موت الإناث لنوع من الدباغة الطبيعية تتكون نتيجتها ما يسمى الحويصلات التي تحتوي على البيوض وعندما تتوفر الظروف الملائمة من درجة الحرارة والرطوبة والمواد المحرضة التي تفرزها جذور النباتات العائلة تفقس البيوض عن يرقات في طورها الثاني كاملة النمو لتبدأ نشاطها الحيوي فتتجذب نحو الجذور الأولية الحديثة والقمم النامية ويؤدي تقدمها في القشرة إلى تشوه وموت الخلايا المغزوة. وغالباً ما تمر اليرقات خلال طبقة القشرة وتغرز رماحها في خلايا البشرة الداخلية والمحيط الدائر وفي غضون يومين من الاختراق تسكن اليرقات وتتغذى على خلايا القشرة وأنسجة الاسطوانة المركزية مسببة تكوين مجموعة من الخلايا يطلق عليها السنكيتيوم Syncytium كمركز دائم للتغذية. ويحدث في الخلايا المحيطة بجسم النيماتودا زيادة في سرعة انقسام وعدد الخلايا hyberplasia وبعد 4–6 أيام من اختراق الجذور تنسلخ اليرقة وتكون الطور اليرقي الثالث ويكون أكثر ثخانة من الطور الثاني. وفي نهاية هذا الطور الذي يستغرق حوالي 5 – 7 أيام تظهر الطبيعة الجنسية لليرقات وينتهي هذا الطور بالانسلاخ الثالث وفي الطور الرابع تتوقف اليرقات المذكرة عن التغذية وتأخذ الشكل الخيطي حيث تكون ملتفة على نفسها ضمن غلاف الطور اليرقي الأخير ولا تستطيع الحركة. وفي اليوم الثاني عشر إلى الخامس عشر تظهر البالغات من الذكور والإناث تبقى الذكور في الجذر أياماً قليلة قد تخصب خلالها الإناث أو قد يتم التلقيح خارج الجذر ومن ثم تنتقل إلى التربة ولا تلبث أن تموت حيث تبقى على قيد الحياة حوالي 10 أيام. أما الإناث الفتية فتتابع التغذية وتنتفخ وتكون عند اكتمال نموها ليمونية الشكل وهي بيضاء إلى صفراء شاحبة في البداية تصبح

بنية مصفرة مع نضجها ويكون التجويف الجسمي للأنثى مليئاً بصورة كاملة تقريباً بالبيوض، ومع انتفاخ جسم الأنثى فإنه يدفع خلايا القشرة ويشق سطح الجذر وينتىء إلى الخارج مع بقاء رأس وعنق النيماتودا مغروزين في النسيج النباتي. وأحياناً يحيط بالنهاية الخلفية للإناث كتلة جيلاتينية تضع فيها النيماتودا بعضاً من بيوضها وقد تفقس البيوض في المادة الجيلاتينية مباشرة ويسبب الطور اليرقي الثاني الخارج منها إصابات جديدة. تضع كل أنثى من 300 – 500 بيضة ويستغرق اكتمال دورة الحياة 21 – 28 يوم تقريباً. ويختلف عدد الأجيال باختلاف الأنواع فمثلاً *G.rostochiensis* يوجد جيل واحد أو جيلان خلال موسم النمو في حين يوجد 3 – 5 أجيال للنيماتودا *H.schachtii* ويوضح الشكل (7 – 10) دورة حياة *H.glycines* .

3 – 2 – 4 – التفاعل مع المسببات المرضية الأخرى:

Interaction with other pathogens:

هناك أمثلة عديدة عن تفاعلات تعاونية بين النيماتودا المتحوصلة على الشوندر السكري ومسببات مرضية أخرى مثل *Pythium* و *Rhizoctonia solani* حيث تؤدي الإصابة المشتركة إلى تفاقم مقدار الضرر. وكذلك النيماتودا الذهبية مع الفطر *Verticillium dahliae* في محصول البطاطا وأخيراً النيماتودا *H.glycines* مع الفطر *Fusarium solani* في محصول فول الصويا.



شكل (3 – 2) دورة حياة النيماتودا المتحوصلة *H.glycines*.

3 - 2 - 5 - المكافحة Control:

تمثل الحويصلات المرحلة الساكنة ومصدر الإصابة كقدرتها على المثابرة فترة طويلة يكون من العسير تنظيف التربة من الحويصلات. إن حكم المراقب الذي يفحص ويختبر حويصلات البطاطا الذهبية *G.rostochiensis* و *G.Pallide* يقرر إمكانية السماح بزراعة البطاطا في الحقول الملوثة. ومن جهة أخرى يمكن استغلال ميزة

التخصص الشديد للنيماتودا المتحوصلة على عوائل الأنواع المختلفة عن طريق الدورة الزراعية التي تعتمد على الانخفاض السنوي لنسبة اليرقات الحية داخل الحويصلات الموجودة في التربة. وعموماً يتراوح طول الدورة 5 – 7 سنوات. كما يساعد التبكير في الزراعة أحياناً على نمو المحاصيل في درجات حرارة منخفضة تكون فيها النيماتودا غير نشطة إلى حد ما مما يؤدي إلى حماية النباتات من الإصابة في المرحلة المبكرة منها.

وإضافة إلى ما سبق تستخدم المبيدات الكيميائية إلا أن دمج الدورة الزراعية مع الأصناف المقاومة والمبيدات الكيمائية أفضل ما استخدم في مكافحة هذه الآفة.

3 - 3 - الجنس *Meloidegyne*:

3 – 3 – 1 – مقدمة Introduction:

تسبب الأنواع المختلفة من جنس *Meloidogyne* مرض تعقد الجذور root-knot على العديد من النباتات (ما لا يقل عن 2500 نوع نباتي) تشمل جميع أنواع المحاصيل والخضار الاقتصادية تقريباً وكذلك الكثير من الأشجار المثمرة ونباتات الزينة كما أنها تتكاثر على الأعشاب مما يساعدها على الاحتفاظ بمجتمعات ذات كثافات عالية حتى بغياب المحاصيل العائلة. توجد نيماتودا تعقد الجذور في كل أنحاء العالم ولكنها توجد بصورة أعم وبأعداد أكبر في المناطق الاستوائية ذات المناخات الدافئة أو الحارة كما توجد في البيوت الزجاجية عندما تستخدم تربةً غير معقمة وتفرض مشكلة معقدة حيث تتوفر الظروف المناسبة. كما يعتبرها الكثير من علماء أمراض النبات أحد أهم وأخطر خمسة مسببات مرضية اقتصادية في العالم. يعرف حتى الآن ما لا يقل عن 70 نوعاً من نيماتودا تعقد الجذور بعضها منتشر في جميع أنحاء العالم والبعض الآخر يتركز في مناطق بيئية معينة. وتعتبر الأنواع الأربعة التالية:

نيماتودا الجذور الجنوبية *M.incognita* ونيماتودا تعقد الجذور الجاوية *M.javanica* ونيماتودا تعقد جذور الفول السوداني *M.arenaria* ونيماتودا تعقد الجذور الشمالية *M.hapla* الأكثر شيوعاً في الترب الزراعية وتشكل أكثر من 95% من أنواع

نيماتودا تعقد الجذور في الأراضي الزراعية في العالم ويتبع النوع *M.incognita* أربع سلالات مرضية بينما يتبع النوع *M.arenaria* سلالتان.

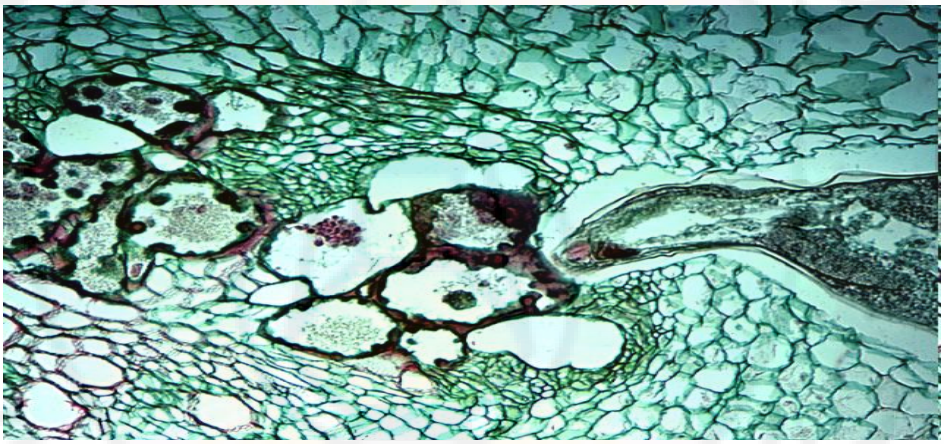
3- 3 - 2 - الأعراض Symptoms:

إن الأعراض الأكثر تمييزاً للمرض هي تلك التي تظهر على المجموع الجذري والأجزاء الأرضية من النباتات وقد أشار بعض الباحثين أن للنيماتودا القدرة على إصابة الأوراق والسوق التي تلامس سطح التربة.

وما يميز المرض هو تكوين أورام ظاهرة على المجموع الجذري وخاصة على الجذور الرفيعة يطلق عليها العقد الجذرية galls والتي تكون أكبر مرتين أن ثلاثة من قطر الجذر السليم وتحدث عدة إصابات على طول الجذر نفسه فتعطي الأورام الناشئة للجذر مظهراً خشناً صولجاني الشكل. ويختلف حجم العقد المتكونة وشكلها باختلاف أنواع نيماتودا تعقد الجذور والكثافة الابتدائية للعدوى وكذلك باختلاف العائل المصاب بالنوع الواحد منها. فعادة ما تتميز العقد الجذرية المتسببة عن النوع *M.hapla* بأنها صغيرة الحجم تخرج منها جذور جانبية ثانوية متعددة وتؤدي إلى نظام جذري شجيري كثيف. بينما تكون العقد في الأنواع الشائعة الأخرى ضخمة في الحجم وخشنة الملمس وخالية من الجذور الجانبية. وبالمقابل تسبب نيماتودا تعقد الجذور أوراماً على الباميا تكون أكثر ضخامة ووضوحاً من معظم العوائل الأخرى ومن جهة أخرى لا تتكون أورام في بعض أصناف فول الصويا رغم أنها تشكل عوائل مناسبة لتكاثر هذه الآفة. وغالباً ما ينشأ تعفن الجذور وخاصة عند تقدم الإصابة ويحدث تعفناً وتحللاً للأنسجة نتيجة لغزوها بالكائنات المترممة في التربة.



شكل رقم 3-3 تعقد الجذور على البندورة نتيجة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور



شكل رقم 3-4 **مقطع عرضي في ورم جذري في نبات البندورة يبين انثى نيماتودا تعقد الجذور والخلايا العملاقة والأنسجة غير الطبيعية الأخرى.**

تتميز الأعراض التشريحية في الجذور بتشكيل موقع دائم للتغذية في منطقة الإسطوانة الوعائية حول منطقة رأس النيماتودا وهذا الموقع عبارة عن مجموعة من خلايا النسيج الوعائي يتراوح عددها من 2 – 5 خلايا تتضخم هذه الخلايا وتعاني انقسامات نووية متكررة وتفقد فجواتها المركزية وتكون نموات داخلية لزيادة سطح الامتصاص ويطلق على هذه الخلايا التي تتميز بنشاطها الاستقلابي اسم الخلايا العملاقة gaint cells (شكل رقم 3 – 4).

تؤثر كل من الأورام والأضرار التي تحدث في الجهاز الوعائي على امتصاص الماء والأملاح من التربة وتظهر الأعراض الظاهرية على المجموع الخضري (وهي غير متخصصة) وتشمل ضعفاً عاما في نمو النبات يصاحبه اصفرار الأوراق وأعراض تشبه نقص العناصر الغذائية وكذلك الذبول وخاصة في الظهيرة كما يحصل نقص كبير في كمية المحصول الناتج ونوعيته.

3 – 3 – 3 – دورة الحياة Life cycle:

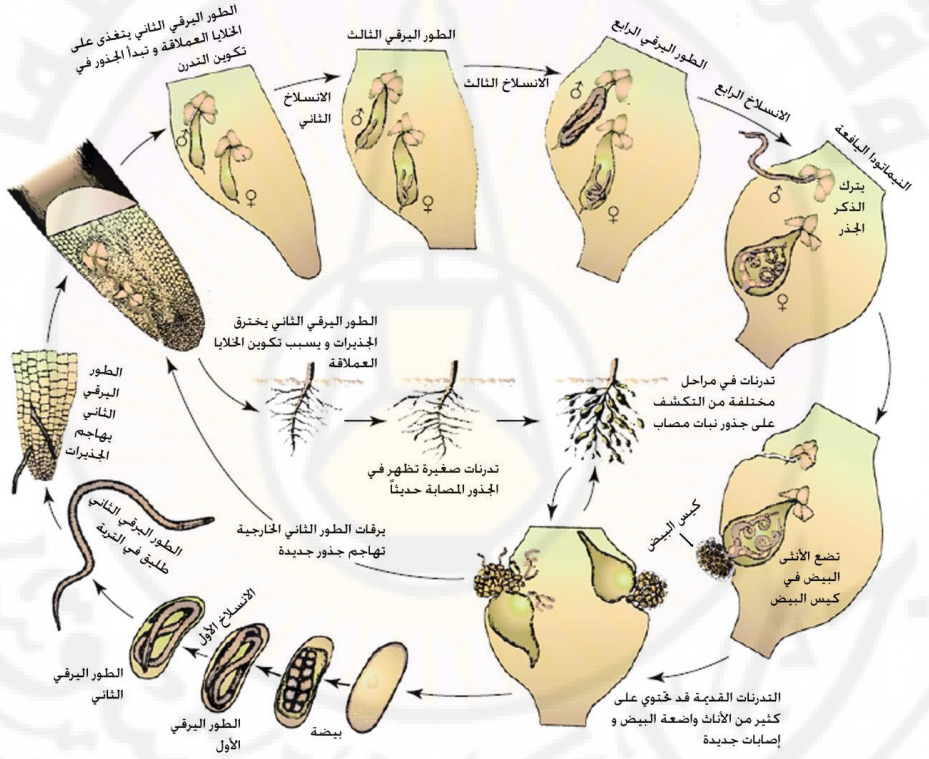
تضع الأنثى البالغة البيض في كيس البيض الجيلاتيني ويتطور الجنين داخل البيضة إلى أن يصل الطور اليرقي الأول ثم يحدث له انسلاخ أول ضمن البيضة ويتكون الطور اليرقي الثاني تفقس البيوض وتعطى الطور اليرقي الثاني المتحرك وهو الطور المعدي الوحيد فإذا وجد عائل حساس فإن اليرقة تدخل إلى الجذور وتشق طريقها بين أو خلال الخلايا إلى أن تصل إلى مواقع خلف القمة النامية. ثم تواصل طريقها مخترقة القشرة لتستقر بصورة دائمة في الخلايا البرنشيمية للحزم الوعائية التي تصلها بعد 5 أيام من بداية اختراقها للجذر. تبدأ اليرقة باستحثاث النبات لتكوين الخلايا العملاقة كما يتم في الوقت نفسه تغيرات أخرى في الأنسجة المحيطة بجسم النيماتودا فتحدث زيادة في سرعة انقسام الخلايا وأعدادها وكذلك في حجمها أنسجة البيرسيكل والبشرة الداخلية والقشرة المحيطة بوسط ومؤخرة جسم النيماتودا.

وتستمر اليرقات بالتغذية والنمو وتتعرض لثلاثة انسلاخات خلال بضعة أيام ويحدث الانسلاخ الثالث والرابع ضمن كيوتيكل الطور اليرقي الثاني ويفتقد هذان الطوران إلى الرمح الذي يعود إلى الظهور في مرحلة البلوغ. تأخذ اليرقات في الطور الثالث والرابع شكل السجق sausage-shape وبعد ذلك تتخذ الشكل الكمثري وهي الأنثى الناضجة وفي حين تبقى الإناث الناضجة مستقرة داخل الجذور المصابة نجد أن الذكور التي تكون ملتفة عدة لفات ضمن غلاف الطور اليرقي الرابع تستعيد شكلها الدودي وتغادر إلى التربة حيث يمكن العثور عليها حرة أو على مقربة من الإناث التي تضع بيوضها في أكياس جيلاتينية على سطح الجذور المتورمة.

تضع الأنثى البيض بعد التلقيح (والتلقيح في هذا الجنس غير ضروري وثانوي للغاية فالأنثى تستطيع أن تتكاثر بكرياً) في كيس جيلاتيني يحتوي على 200 – 500 بيضة/كيس وقد يصل إلى 2000 بيضة عند تواجد العائل المفضل أي بمعدل 50 – 60 بيضة في اليوم ويختلف هذا العدد حسب الزمن وحيوية الأنثى، تضع الأنثى البيوض داخل أو خارج الأنسجة النباتية اعتماداً على موقع الأنثى. إذا كانت الأنثى داخل الجذور يكون الكيس طرياً أما إذا كانت الأنثى غير متعمقة في الجذر فيجف كيس البيض ويصبح هشاً ويتلون باللون البرتقالي ثم البني ويبقى مقاوماً لظروف الحرارة والجفاف (يبقى البيض في درجة حرارة 10مْ لمدة سنة) وفي الظروف الملائمة يبقى البيض بشكل حي لمدة 21 شهر تقريباً. يمكن أن تبقى الأفراد البالغة عدة شهور بدون عائل ومع ذلك التربة الخالية من العوائل النباتية يمكن أن تحتوي على يرقات معدية لأكثر من سنة.

تؤثر درجات الحرارة المرتفعة في النسبة الجنسية حيث تزداد نسبة الذكور مع ارتفاع درجة الحرارة ويلاحظ نفس الشيء عند قلة توفر المواد الغذائية وبخاصة الناتجة عن الكثافة الابتدائية المرتفعة للعدوى.

تكتمل دورة حياة نيماتودا تعقد الجذور في العوائل النباتية المناسبة في غضون 23 – 30 يوم في درجة حرارة 27مْ، وتؤثر درجة الحرارة على طول فترة الحياة وعلى تعدد الأجيال. ففي المناطق الحارة والبيوت البلاستيكية يحدث التكاثر طوال العام عند توفر العوائل النباتية المناسبة وعدد الأجيال يصل من 7 – 10 أجيال أما في الظروف الحقلية في المناطق المعتدلة لهذه النيماتودا جيل أو جيلان عل الأكثر (شكل 3 – 5).



شكل رقم 7 – 5 دروة حياة نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne*

3 – 3 – 4 – التفاعل مع المسببات المرضية الأخرى
Interaction with Other Pathogens:

علىالرغم من قدرة نيماتودا تعقد الجذور على إحداث التأثير المرضي المباشر لكنها غالباً ما تتعاون وتتفاعل مع مسببات مرضية أخرى كالفطور والبكتريا ويؤدي ذلك إلى التأثير الضار والأهم فقد لوحظ تفاقم شدة الضرر نتيجة للإصابة المشتركة بنيماتودا تعقد الجذور وفطور الفيوزاريوم *Fusarium* والرايزوكتونيا *Rhizoctonia* التي تهاجم أنسجة الجذور الضعيفة والخلايا المتضخمة وتتكاثر بسرعة أكبر في منطقة الخلايا العملاقة والتورمات منه في المناطق الأخرى للجذور وبذلك تحفز تحللاً مبكراً لأنسجة الجذور مؤدية إلى تخريبها. كما أنه قد تزداد قابلية النباتات المتضررة من نيماتودا تعقد الجذور للإصابة بالأمراض التي تهاجم المجموع الخضري فمثلاً شدة الإصابة بمرض الساق السوداء في التبغ المتسبب عن الفطر: *Phytophtora Parasitica var. nicotianae* تزداد عند تواجد نيماتودا تعقد الجذور ويمكن الحد من حدوث الإصابة بمكافحة النيماتودا كيميائياً.

ومن ناحية أخرى قد تؤدي الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور إلى كسر صفة المقاومة التي تتمتع بها بعض العوائل النباتية للممرضات الأخرى كالفيوزاريوم فمثلاً تفقد نباتات البندورة صنف Florida MH-1 مقاومتها لهذا الفطر نتيجة لإصابتها بنيماتودا تعقد الجذور *M.incognita* وقد يجعل تطفل نيماتودا تعقد الجذور النباتات العائلة أكثر عرضة للإصابة بالفطور الثانوية التي لا تهاجم هذه النباتات مطلقاً أو أنها فطور ضعيفة تحولها إلى مسببات مرضية.

وفي علاقة النيماتودا مع البكتريا لوحظ على سبيل المثال أن مرض تقرح الساق الذي تسببه بكتريا *Clavibacter michiganense* على نباتات البندورة قد ازداد بتلقيح

النباتات بكل من هذه البكتريا ونيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne spp* ولوحظ نفس العلاقة بين نيماتودا تعقد الجذور وبكتريا ذبول نباتات التبغ.

3 – 3 – 5 – المكافحة Control:

تعد طريقة استخدام مدخنات التربة والمبيدات النيماتودية الجهازية من أفضل طرق المكافحة. ورغم أن النتائج المتحصل عليها من هذه الطريقة جيدة إلا أنه يجب المقارنة بين تكاليف المكافحة والعائد. ومن الإجراءات الأخرى للمحكافحة:

1 – الدروة الزراعية: إن المدى العائلي الواسع لنيماتودا تعقد الجذور يجعل من اتباع الدورة الزراعية إجراء ذو فعالية محدودة.

2 – إضافة المواد العضوية: تعد من البدائل المستخدمة لمكافحة نيماتودا تعقد الجذور وهي طريقة ذات كفاءة عالية وتكلفة منخفضة.

3 – الأصناف المقاومة: يعتبر تطوير واستخدام الأصناف المقاومة من أنجح الطرق وأكثرها كفاءة واقتصادية ويتوافر الآن عدد لابأس به من الأصناف النباتية المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور.

4 – التعقيم الشمسي للتربة Solarization ويهدف إلى الاستفادة من الطاقة الشمسية في تسخين التربة وخاصة في المناطق ذات السطوع الشمسي الوافر.

5– التبخير الحيوي للتربة Biofumigation

6– التطعيم على أصول مقاومة

7 – المعاملة بالماء الساخن: استخدمت هذه الطريقة بنجاح ضد *M. hapla* لتعقيم شتول الورد (45°م لمدة 60 دقيقة).