علم نيماتودا النبات

علم نيماتودا النبات هو علم حديث نسبيا له علاقة مع كثير من العلوم التطبيقية والبحثية ومرتبط بشكل كبير مع علم الحيوان Zoology وعلم النبات Botany وهما الاصل لكل علوم الاحياء Biology وان دراسة علم نيماتودا النبات يحتاج الى فهم ودراية كبيرة بعلم الحيوان العام وعلم الحيوانات اللافقرية وعلم الطفيليات وعلم سلوك الحيوان الذي يفيد في فهم السلوك الغذائي للنيماتودا على عوائلها النباتية وبالتالي تأثيرات طرق المكافحة المختلفة للنيماتودا فضلا عن ان يكون دراية بعلم النبات وفروعه المختلفة وخاصة وظائف الاعضاء والشكل الظاهري والتشريح الداخلي وخاصة للمجموع الجذري وهذه تعتبر من المتطلبات الضرورية لفهم التأثيرات المختلفة والمتبادلة بين النيماتودا والنبات.

أما علم أمراض النبات Plant Pathology يعتبر الاب والاصل لعلم نيماتودا النبات Plant Nematology ويعتبر الكثيرون ان علم نيماتودا النبات هو " الطفل المدلل لعلوم أمراض النبات " وهذا العلم هو فرع حديث من فروع علم أمراض النبات الرئيسية (فطريات ، بكتريا ، فايروسات .....الخ) ولا يمكن دراسته بمعزل عن علم أمراض النبات بفروعه المختلفة المتكاملة.

ان كلمة نيماتودا وباللغة الانكليزية Nematode مؤلفة من مقطعين Nema تعني خيط و eidos تعني شبيه وتعني الكائنات الشبيهه بالخيوط واطلق عليها بالعربية الديدان الخيطية الا انها تعرف بالديدان النيماتودية واختصارا لها بالنيماتودا واحيانا تسمى بالديدان الثعبانية الا ان هذه التسمية الاخيرة ليست صحيحة تماما لانه ليس لجميع أنواع النيماتودا حركة ثعبانية.

النيماتودا: هي حيوانات لافقرية بدائية اسطوانية دودية الشكل وهي من الحيوانات المائية aquatic تعيش في المياه المالحة او العذبة أو على الاقل ان يغطي جسمها غشاء رقيق من الماء في التربة حتى تكون حية ونشطة وهي واسعة الانتشار توجد في أي بيئة تتوافر فيها اسباب الحياة وهي متواجدة في معظم البيئات فهي تتواجد في الاراضي الصحراوية الجافة وفي المناطق القطبية وفي مياه الينابيع الحارة وكذلك في أعماق المحيطات .

توضع النيماتودا ضمن المملكة الحيوانية وتحت مملكة Metazoa وقد وضعت في شعبة مستقلة بذاتها داخل المملكة الحيوانية وهي Phylum : Nematoda وتعتبر هذه الشعبة من اكبر المجموعات الحيوانية عديدة الخلايا بعد مجموعة الحشرات خاصة من حيث الكثافة والتنوع.

Kingdom : Animalea
SubKingdom: Metazoa
Phylum : Nematoda

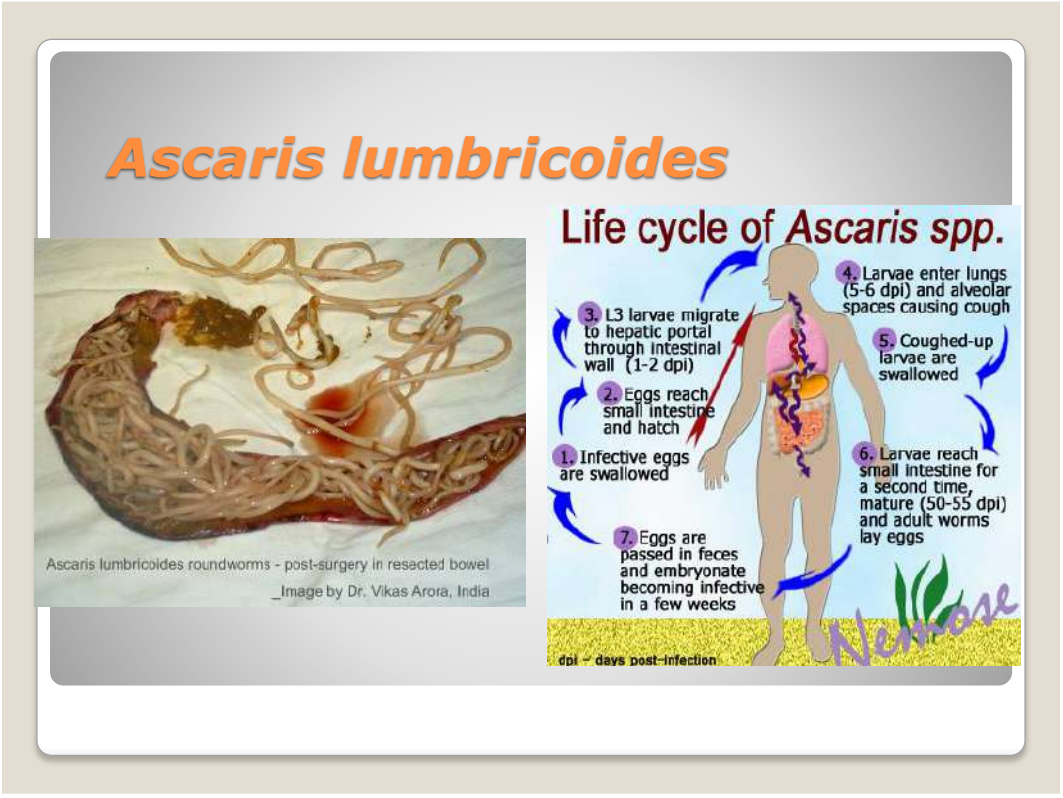
تتميز النيماتودا بثلاث مميزات أساسية :

1- النيماتودا ذات ثلاث طبقات جنينية Triplopolastic تتكون هذه الطبقات (الاندودرم Endoderm، الميزودرم Mesoderm ، الاكتودرم Ectoderm) خلال عملية التطور الجنيني .

2- حيوانات ذات تناظر جانبي Bilateral symmetric أحد جانبي الجسم صورة مشابهه للجانب الاخر.
3- ذات تجويف جسمي كاذب Pseudocoelomates لعدم وجود نسيج طلائي Epithelium يغطي تجويف الجسم وهو تجويف غير حقيقي .

تقسم نيماتودا النبات حسب موطنها البيئي الى ثلاث مجاميع رئيسية :

اولا : نيماتودا الانسان والحيوان Human & Animal Nematodes : تشكل حوالي 15% من المجموع الكلي للنيماتودا تضم مايقارب 50 نوع من النيماتودا المتطفلة على الانسان Human Nematode والعديد من أنواع النيماتودا البيطرية Veterinary Nematode ومثال عليها ديدان الاسكارس *Ascaris lumbricoides* التي تعيش في أمعاء الانسان والحيوان والديدان الشوكية (Hookworms *Nectar americanus* المسؤولة عن موت الملايين من البشر في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية والنيماتودا المسببة لمرض الفيل في الانسان *Wuchereria bancrofti* والتي تنتقل بواسطة البعوض وتسبب للانسان تورمات ضخمة في الساقين وتشمل هذه المجموعة أطول نيماتودا معروفة وهي *Placenta gigantissima* يبلغ طولها 7.5 م تتطفل هذه النيماتودا على الحيتان وتضم هذه المجموعة أيضا النيماتودا المتطفلة على الحشرات.

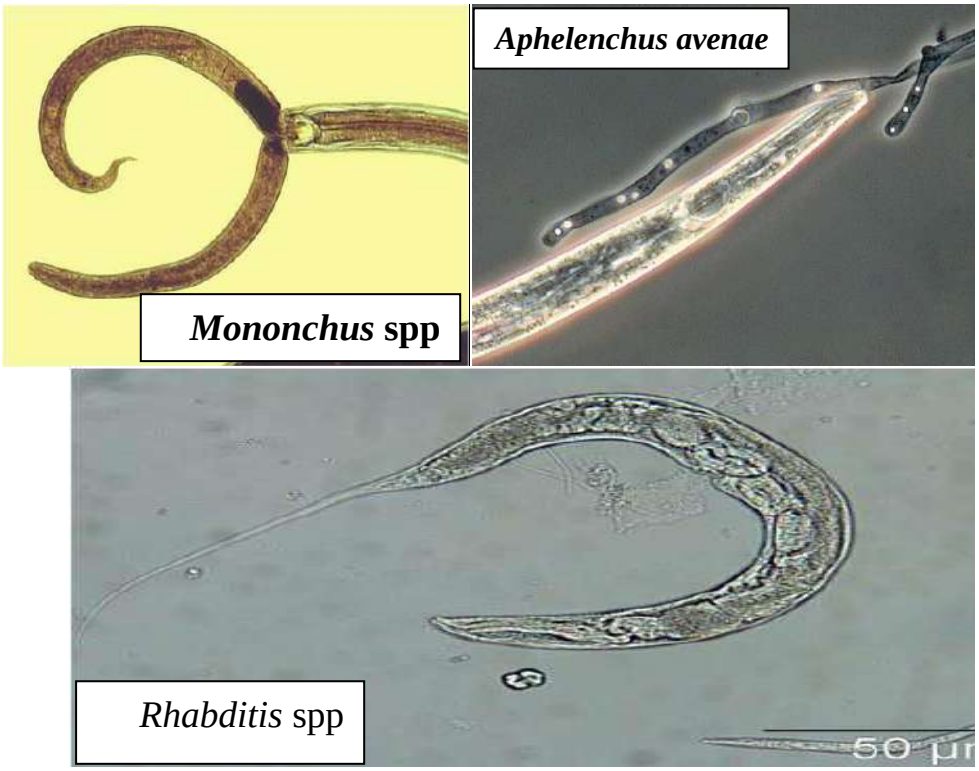


الشكل يوضح النيماتودا المتطفلة على الحشرات

ثانيا : نيماتودا البحار والمحيطات Marine Nematodes : وهي أكبر مجموعة من النيماتودا تشكل حوالي 50% من المجموع العام للنيماتودا وتعيش في المياه التي تزيد ملوحتها 3% وتلعب دورا مهما في الحياة البحرية ومن أمثلتها *Desmodora pilosa*.

ثالثا : نيماتودا التربة والمياه العذبة Soil & Fresh water Nematode: تشكل حوالي 35% من النيماتودا تتغذى على مصادر مختلفة وتقسم حسب طبيعة تغذيتها الى قسمين :

(أ) **النيماتودا الحرة Free Living nematodes :** تشكل حوالي 25% من المجموع العام وتضم العديد من النيماتودا المتباينة التغذية منها يتغذى على البكتريا او نواتج التحلل البكتري مثل Rhabditis ومنها المتطفلة على الطحالب كبعض انواع Dorylaimus أو على الفطريات مثل *Aphelenchus avenae* او مفترسة مثل نيماتودا Mononchus و Seinura تتغذى على كثير من أحياء التربة كالاوليات والنيماتودا وغيرها من الاحياء الدقيقة.



النيماتودا المتطفلة على النبات Plant Parasitic Nematode بالرغم انها تشكل 10% من المجموع العام لانواع النيماتودا الا انه لاينجو اي نبات من امكانية الاصابة بنوع او أكثر من أنواع هذه المجموعة تعيش في مناطق جغرافية متعددة من العالم وفي بيئات متباينة فقد عزلت من ترب الغابات والمناطق الصحراوية ومن أعالي الجبال وضفاف الانهار والبحيرات وتعتبر جميعها اجبارية التطفل وهي اما تتطفل على أنسجة الجذور خارجيا Ectoparasitism او داخليا Endoparasitism أو تتطفل داخليا على المجموع الخضري.

نبذة تاريخية عن نيماتودا النبات :

يعد اكتشاف نيماتودا النبات حديث العهد نسبيا وظلت مجهولة زمنا طويلا ولم تعرف الا بعد اختراع المجهر في منتصف القرن السابع عشر ثم تطور بعد ذلك ويرجع السبب الى صغر حجم هذه النيماتودا مقارنة بغيرها من النيماتودا والانسان والحيوان ، فالنيماتودا النباتية لايزيد طولها عادة على 5 مم ولايتعدى قطرها 100 ميكرون.

حدث تطور كبير في علم أمراض النبات Phytopathology خلال المائة سنة الاخيرة اذ جذب هذا العلم اعداد متزايدة من المختصين في جميع دول العالم وتوالد كم ضخم من المعلومات ادى الى التوجه نحو التخصص الدقيق وفق مسببات الامراض الاحيائية المختلفة ومن هنا نشأت علوم أمراض النبات المتسببة عن الفطريات والبكتريا والفايروسات والنيماتودا وغدا كل واحدا منها علما قائما بذاته.

ان أول تسجيل لنيماتودا النبات عام 1743 م أي بعد اكتشاف الميكروسكوب الضوئي في منتصف القرن السابع عشر بحوالي مائة سنة وقد كان ذلك التسجيل في انكلترا عن طريق رجل الدين Needham الذي اكتشف نيماتودا ثأليل القمح *Anguina tritici* أما التسجيل الثاني لنيماتودا النبات كان بعد أكثر من مئة سنة أخرى عام 1855 م على يد العالم Berkeley في انكلترا أيضا عرف فيما بعد بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp على جذور الخيار النامية في البيوت الزجاجية وبعد سنتين 1857 م أكتشف العالم الالماني Kuhn نيماتودا السيقان والابصال *Ditylenchus dipsaci* على احدى نباتات الزينة وفي ألمانيا اكتشف العالم Schacht سنة 1859 م نيماتودا مهمة أخرى وهي نيماتودا حوصلات الشوندر (البنجر السكري) *Heterodera schachtii* ومن هنا يتبين بان دول أوربا الغربية كانت سباقة في التعرف واجراء البحوث على نيماتودا النبات في النصف الثاني من القرن التاسع عشر ظهرت في تلك الفترة أمراض نيماتودية ذات أبعاد اقتصادية مهمة مثل نيماتودا حوصلات الشوندر السكري التي تسبب اغلاق نصف مصانع الشوندر السكري في شمال أوربا نتيجة لنقص الكميات المنتجة من الشوندر يسبب الاصابة بهذه النيماتودا كما ان لنيماتودا حوصلات البطاطا *Globodera rostochiensis* دور هام في هجرة سكانية من شمال أوربا الغربية الى الولايات المتحدة.

استمرت الدراسات والابحاث في مجال النيماتودا في البلدان الاوربية في النصف الاول من القرن العشرين وظهر علماء بارزون ساهمو مساهمة كبيرة في تطور هذا العلم مثل T.Goodey في انكلترا و Filipjev في روسيا ، أما في الولايات المتحدة الامريكية بدأ فيها العمل البحثي والاهتمام العلمي بنيماتودا النبات متأخرا نوعا ما عن اوربا وقد كان ذلك على يد العالم الاكثر شهرة N.A.Cobb الذي كان أول امريكي يزور أوربا وبعد عودته أنشأ قسم النيماتودا Nematology Section في أكبر محطة تجارب في الولايات المتحدة في Beltsville بولاية ميريلاند 1933 م وكان له دور مركزي في تطوير تخصص النيماتودا نشر أكثر من 150 بحثا علميا وعددا من الكتب القيمة وتدرب على يده الكثير من التلاميذ الذين أصبحو رواد علم النيماتودا في الولايات المتحدة ومن ثم في العالم وسمي العالم Cobb بابي علم نيماتودا النبات ومنذ ذلك الوقت تعاظم الاهتمام في تخصص النيماتودا واصبح يدرس في الجامعات للحصول على الماجستير والدكتوراه.

أما في العراق كان Rao أول من نشر معلومات عن ظهور مرض نيماتودي بالعراق عام 1921م على الحنطة تلاه الاعظمي عام 1955 م الذي سجل مرض تعقد الجذور النيماتودي ثم مرض التدهور البطئ في الحمضيات ثم اسس د. زهير عزيز اسطيفان وحدة أمراض النبات التابعة لقسم بحوث وقاية النبات / الهيئة العامة للبحوث الزراعية في بغداد وعملت معه باسمة جورج انطوان في نفس الوحدة ، قام كل من Maggenti عام 1966

و Vilardebo في عامي 1969 و1971 م تشجيعا للعاملين في هذا المجال في بغداد اما في جامعة بغداد في كلية الزراعة حصل د. صادق احمد الحسن دكتوراه في النيماتودا من الولايات المتحدة الامريكية وقام بتدريس مقرر نيماتودا النبات تلاه د.فرقد الراوي ود.علي المشهداني .

اما في محافظة نينوى قدم د.اسرار حسين من الهند ويعد اول مؤسسي نيماتودا النبات في جامعة الموصل درس مقرر نيماتودا النبات في جامعتي بغداد والموصل وتخرج على يده د. حسن يونس المشهداني وحصل د.رياض فالح السبع على الدكتوراه من بريطانيا والتحق بكلية الزراعة والغابات بجامعة الموصل وتخرج على يده عدد من طلبة الدراسات العليا من ابرزهم د.سليمان نائف عمي عمل في جامعة الموصل وتخرج على يده عدد من طلبة الماجستير والدكتوراه وانتقل للتدريس في كلية الزراعة جامعة دهوك .

الخسائر المتسببة عن نيماتودا النبات :

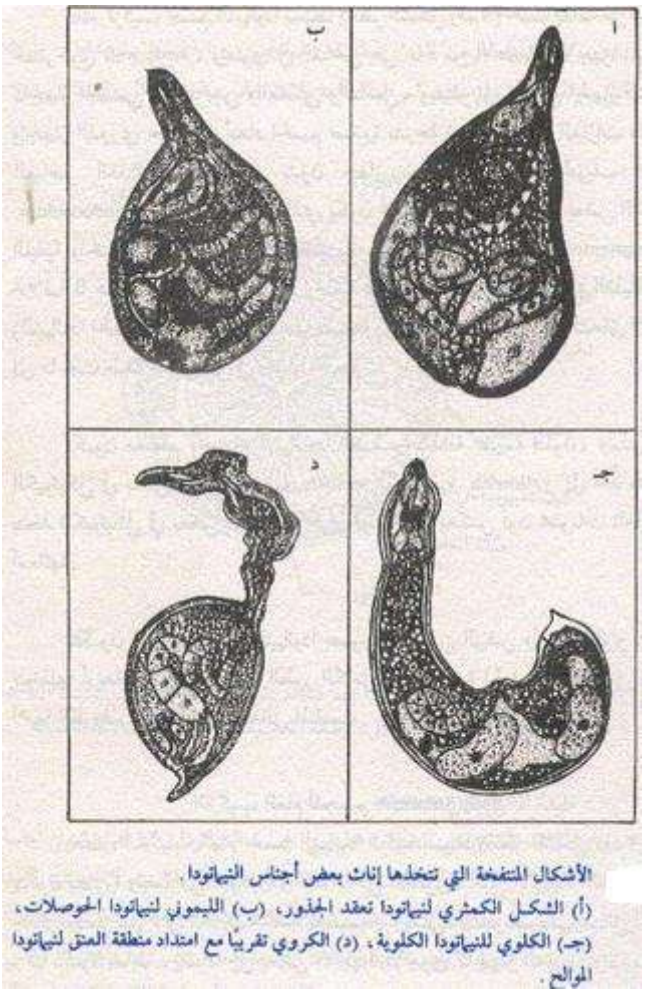
1- ان كثير من الخسائر التي تسببها النيماتودا للمحاصيل في كثير من دول العالم وخاصة في البلدان النامية لاتزال غير معروفة او محددة وقد يعود ذلك الى عدم المعرفة الكاملة للمزارع بالنيماتودا او جهلهم تماما بالاصابات المتسببة عن النيماتودا.
2- ان كثير من الخسائر تعزى للاصابة بمسببات مرضية أخرى قد تكون في واقع الامر ناتجة عن اصابة مسبقة بالنيماتودا مما يؤدي الى اضعاف النبات وتهيئته للاصابة بتلك الامراض أو قد تكون النيماتودا المسبب الرئيسي لتلك الخسائر وهذا يؤدي الى صعوبة الحصول على تقدير حقيقي للاصابة بالنيماتودا لوحدها.
3- الخسائر غير المباشرة من اهمها زيادة تكاليف الانتاج فمثلا تؤدي الاصابة بالنيماتودا الى عدم كفاءة الجذور في امتصاص مياه الري والاسمدة المضافة والاستفادة منها فتظهر أعراض الذبول ونقص العناصر الغذائية وبالتالي يلجأ المزارع الى زيادة الري وكمية الاسمدة دون جدوى.

وان من أهم الاسباب التي تجعل النيماتودا تحتل مركزا مهما وبارزا بين العديد من الافات الزراعية هو انتشارها الواسع فنيماتودا تعقد الجذور تستطيع ان تصيب العديد من النباتات فضلا عن مقدرة بعض الاجناس النيماتودية على نقل الامراض الفطرية والبكتيرية والفايروسية وتعاونها مع كثير من المسببات المرضية لاحداث أمراض مركبة ليس من السهولة مكافحتها.

الشكل الظاهري (الخارجي) للنيماتودا الممرضة للنبات :

النيماتودا الممرضة للنبات توجد بأشكال وأحجام مختلفة وتتميز النيماتودا عادة بجسم مستطيل مغزلي الشكل Fusiform يكون الجسم عريض نسبيا من الوسط ثم يستدق تدريجيا نحو الاطراف وفي عدد قليل من النيماتودا يتخذ الشكل الخيطي Filifrom عرض الجسم متساوي على طول محوره كما في النيماتودا المتطفلة على الحشرات وتبدي النيماتودا ظاهرة اختلاف الشكل الجنسي Sexual dimorphism يحتفظ الذكر بش
تنتفخ الاناث لتتخذ أشكالا مختل
كما في نيماتودا تعقد الجذور والليموني كما في (
نيماتودا الحوصلات) او الكلوي كما في النيماتودا الكلوية وتفقد القدرة على الحركة وتبقى ساكنة داخل الجذور او على سطحها ، يختلف طول جسم النيماتودا كثيرا يتراوح طولها من 0.5-4 مم وعرضها 25-50 مايكرون يصعب رؤيتها بالعين المجردة .

النيماتودا مغزلية الشكل Fusiform



الأشكال المنتفخة التي تتخذها إناث بعض أجناس النيماتودا.
(أ) الشكل الكمثري لنيماتودا تعقد الجذور، (ب) الليموني لنيماتودا الحوصلات، (جـ) الكلوي للنيماتودا الكلوية، (د) الكروي تقريبًا مع امتداد منطقة العنق لنيماتودا الموالح.

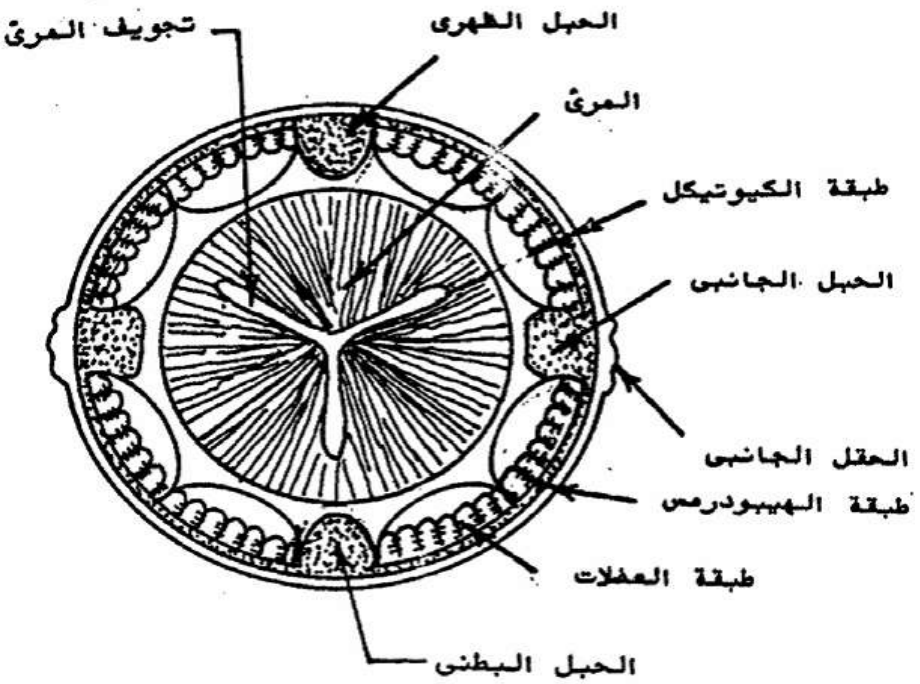
الشكل (1) : الشكل الظاهري للنيماتودا الممرضة للنبات

معظم اجسام النيماتودا الصغيرة شفافة عديمة اللون وتبدو طبقة الكيوتكل في بعض الانواع مبيضة Whitish أو مصفرة Yellowish كما يتخذ الكيوتكل في بعض الانواع لونا خفيفا يعكس لون محتويات الغذاء في أمعائها.

جدار جسم النيماتودا بسيط يغلفه من الخارج جدار قوي Body wall ويحتوي من الداخل على عدد من الاعضاء والاجهزة المختلفة كالجهاز الهضمي والاخراجي والعصبي والتناسلي ويفتقر الى جهاز التنفسي وجهاز الدوران ، ابعاد الجسم صغير تسمح بتبادل الغازات وانتشار العناصر الغذائية والفضلات بدون جهاز دوري ويملا تجويف الجسم بسائل الجسم Pseudocoelom الذي يكون تحت ضغط اضافة الى بعض الانسجة الليفية والخلايا الكبيرة ويتميز الجسم بأنه غير مقسم الى حلقات كما هو في الديدان الحلقية الا ان هناك أنواع قليلة جدا تبدو أجسامها مقسمة الى حلقات (النيماتودا الحلقية) وهذا التحلق لايمتد الى ماتحت طبقة الكيوتكل في جدار الجسم.

التركيب العام للجسم Body structure

يعتبر التركيب العام للجسم بسيطا يتكون من انبوبتين واحدة داخل الاخرى تمثل الانبوبة الخارجية جدار الجسم بينما تمثل الداخلية القناة الهضمية ويتركب جدار الجسم من ثلاث طبقات رئيسية وهي من الخارج الى الداخل طبقة الكيوتكل Cuticle و طبقة الهايبودرمس Hypodermis ثم طبقات العضلات الجسمية Somatic musculature.



شكل (2): قطاع عرضي في جسم النيماتودا يوضح الطبقات الرئيسية الثلاثة لجدار الجسم طبقة الكيوتكل وطبقة الهايبودرمس وطبقة العضلات الجسمية.

1. طبقة الكيوتكل Cuticle

تشكل الغطاء الخارجي لجسم النيماتودا كما انها تبطن الأمتدادات الداخلية للفتحات الخارجية الطبيعية على الجسم، كتجويف الفم، المريء، المستقيم والمهبل والفتحة الإخراجية، كما انها تغطي ايضاً النهايات الطرفية لإعضاء الحس الأمفيدية Amphids في مقدمة الجسم واعضاء الحس الفازميدية Phasmids في مؤخرة الجسم في بعض الأنواع. كما ان طبقة الكيوتكل تبرز على سطح الجسم في بعض المناطق لتكون بعض التركيبات الخارجية الخاصة ، كبعض اجزاء الفم الحسية مثل الحلمات والأشواك الشفويه وشوكتا السفاد والجراب التناسلي في بعض الأنواع. وتعد طبقة الكيوتكل طبقة لا خلوية بروتينية غير حية تتميز بانها شفافة عديمة اللون ومرنة، **تفرزها طبقة هيبوديرمس الحية النشطة**.

وتقوم طبقة الكيوتكل

1- بحماية الجسم من المؤثرات الخارجية في البيئة المحيطة.
2- تعمل ايضا كهيكل قابل للتمدد عند النمو الى حين وقت الأنسلاخ،
3- تتجدد هذه الطبقة عند كل عملية انسلاخ وطبقة الكيوتكل المغلفة لجسم النيماتودا تعتبر طبقة بروتينية مركبة وتتكون من عدة طبقات يختلف عددها بأختلاف اجناس النيماتودا ومراحل تطورها وبأختلاف مناطق الجسم للنوع الواحد .
4- لصفات هذه الطبقة علاقة وثيقة بحركة النيماتودا البطنية الظهرية
5- كما ان طبقة الكيوتكل تسمح بنفاذ الكثير من المركبات الكيميائية كالماء والايونات وبعض المركبات العضوية كالمبيدات النيماتودية العضوية وتمتلك النيماتودا الحية مقدرة الاختيار تجاه الجزيئات الداخلة الى اجسامها وهذه المقدرة تزول عند الموت .

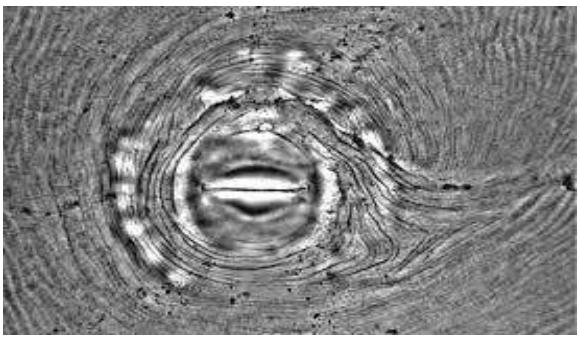
طبقة الهيبودرمس هي التي تتحكم في نشاط الكيوتكل وخاصة فيما يتعلق بالنمو والنفاذية ، وان المعلومات قليلة حول تركيب الكيوتكل المبطن للفتحات الخارجية الا ان طبقة الكيوتكل المغلفة لجسم النيماتودا تعتبر **طبقة بروتينية collagen** مركبة تتكون من عدة طبقات يختلف عددها باختلاف اجناس النيماتودا ومراحل تطورها وباختلاف مناطق الجسم للنوع الواحد ويتركب الكيوتكل **كيميائياً** من **بروتينات ودهون وسكريات معقدة** التركيب ويقسم الى ثلاث طبقات من الخارج الى الداخل وهي **طبقة القشرة Cortex ، طبقة النخاع Matrix ،الطبقة القاعدية Basal layer** وقد تنقسم هذه الطبقات الى عدة طبقات اخرى ويبدو ان طبقة النخاع قد لاتوجد في بعض انواع النيماتودا ويختلف ايضا سمك الكيوتكل كثيرا في النيماتودا الطفيلية فهو يتراوح من 3 ميكونات في النيماتودا الخنجرية الى 50 ميكرون في بعض الانواع .

التركيبات الخارجية للكيوتكل

يوجد على سطح الكيوتكل كثير من التركيبات والعلامات المختلفة ذات التكوين المعقد وهي تعتبر ذات فائدة تصنيفية حيث تساعد في التعرف على الانواع المختلفة من النيماتودا وتشمل هذه التراكيب :

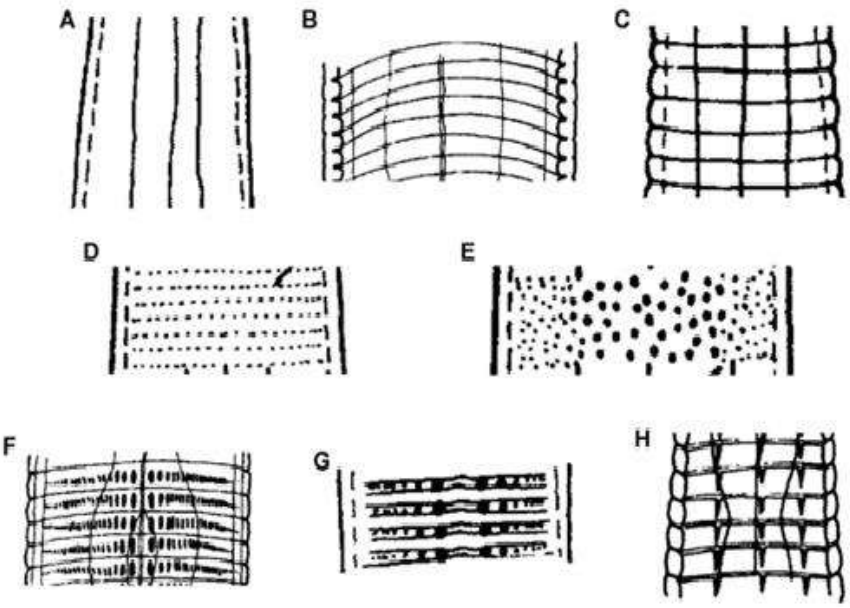
1- التنقيط Punctuation:

تظهر على هيئة نقط صغيرة مستديرة او بيضوية الشكل تترتب في صفوف طولية او عرضية او تتخذ ترتيبات مختلفة يكثر وجودها بصورة عامة في النيماتودا الحرة وعند الفحص بالمجهر الضوئي تبدو هذه النقط واضحة على السطح الا ان بعضهم يعتقد انها **عبارة عن فتحات لقنوات مسامية تمتد من الطبقات الداخلية للكيوتكل** وعندما درست تحت المجهر الالكتروني بدت وكانها عصيات صغيرة مجوفة يعتقد انها **تعمل على تدعيم طبقة الكيوتكل** وربما **لها دور بنقل البروتينات** ويلاحظ ان التنقيط يكون واضح في النمط العجاني لنيماتودا تعقد الجذور التابعة للنوع *M.hapla*



2- التركيبات العرضية (العلامات العرضية Transverse markings)

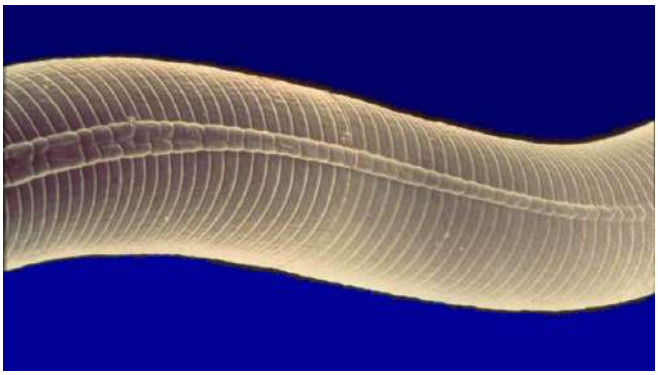
تاخذ هذه التراكيب شكل تخطيطات Striation ناعمة او قد تكون اكثر عمقا فتشبة التحلق annulation وتوجد تقريبا في جميع انواع النيماتودا ولكن يختلف من جنس لاخر مثلا في نيماتودا التقرح *Pratylenchus* spp يكون التخطيط ناعما fine striation في حين يكون اكثر عمقا في النيماتودا الرمحية *Hoplolaimus* spp ويلاحظ انه في النيماتودا الحلقية *Macroposthonia* spp يكون عميقا حيث تبدو اجسامها وكانها مقسمة الى حلقات حقيقية وهذه التركيبات ناشئة نتيجة لانثناء طبقة الكيوتكل الخارجية للداخل وتحدث في مناطق متقاربة على السطح وبالرغم من وجوده في جميع انواع النيماتودا الا انه قد يكون بدرجات مختلفة و**له علاقة بحركة النيماتودا البطنية الظهرية**



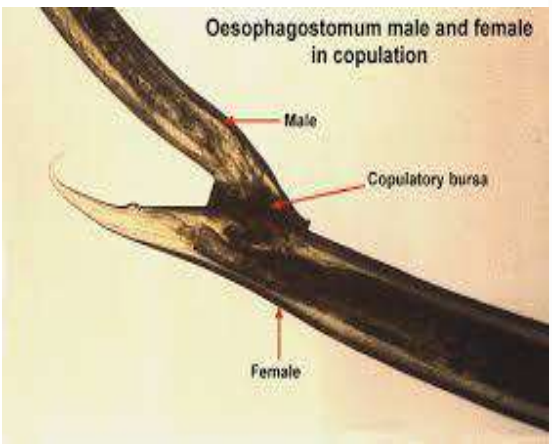
3- **التركيبات الطولية (العلامات الطولية Longitudinal markings)**

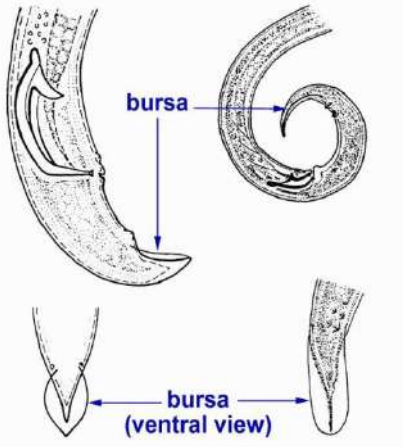
تاخذ هذه التراكيب عادة شكل **جدر محدبة ridges** او تجنحات alae طولية الجدر المحدبة تكون **عبارة عن مناطق بارزة مستمرة على طول الجسم** ويعتبر ترتيب هذه الجدر **صفة تقسيمية مفيدة** كما في بعض انواع النيماتودا المتطفلة على الحيوان ، اما **التجنحات alae ناتجة عن زيادة في سمك الكيوتكل في مناطق معينة** وتبدو كبروزات سطحية في المنطقة الجانبية او تحت الجانبية لجسم النيماتودا وتقسم الى :

أ- **تجنحات طولية Longitudinal alae :** تتكون من طبقات الكيوتكل الخارجية وتمتد طوليا على جانبي الجسم وتعرف بالحقل الجانبي Lateral field ويقع الحقلان الجانبيان فوق منطقة الحبلين الجانبين مباشرة ويختلف شكل الحقل الجانبي كثيرا في النيماتودا فضلا عن ان عدد الخطوط الطولية Longitudinal incisures التي توجد داخل الحقل الجانبي وتتراوح من (1-12) باختلاف النيماتودا ويعتبر العدد ايضا من الصفات التقسيمية للنوع ويعتقد **ان الحقلين الجانبين يساعدان في حركة النيماتودا** و **يسمحان بزيادة عرض الجسم عند النمو .**

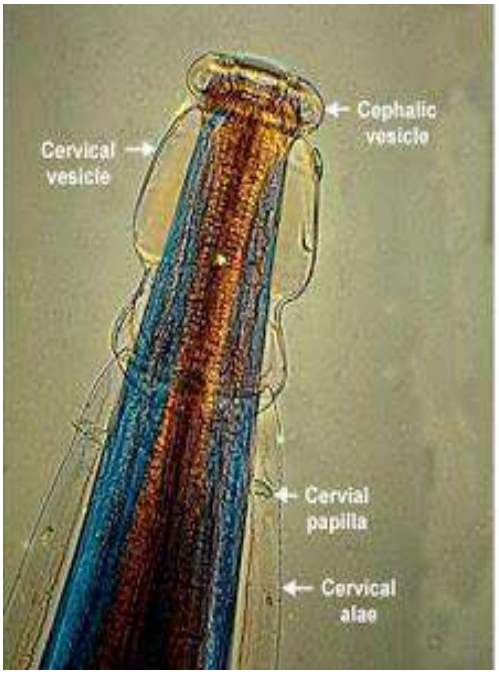


ب- **تجنحات ذيلية Caudualalae :** توجد في النهاية الخلفية للجسم ويقتصر وجودها على ذكور بعض الاجناس دون الاخرى ويطلق عليها اسم الجراب التناسلي (غشاء السفاد Bursa) ويساعد الجراب التناسلي على ثبات اتزان النيماتودا عند عملية السفاد وهو تركيب حساس مزود بحلمات حسية genital papillae يزداد حجمه بوجود مادة تخرج من الفتحة التناسلية للانثى او قربها

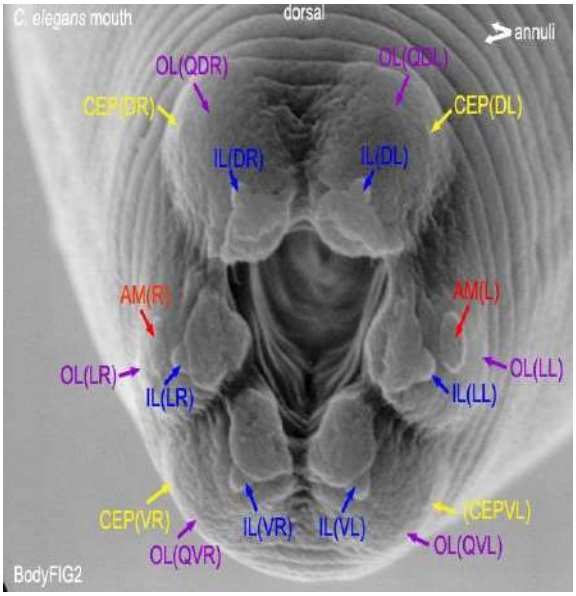


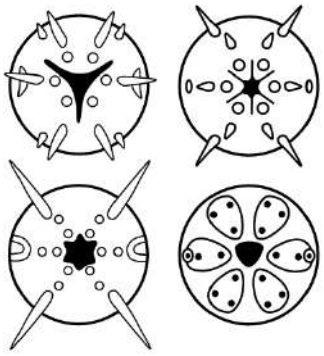


جـ تجنحات عنقية Cervical alae: موجودة في الجزء الامامي من الجسم ويقتصر وجودها على بعض انواع النيماتودا المتطفلة على الانسان والحيوان ومنشاها من الطبقتين الخارجيتين للكيوتكل .

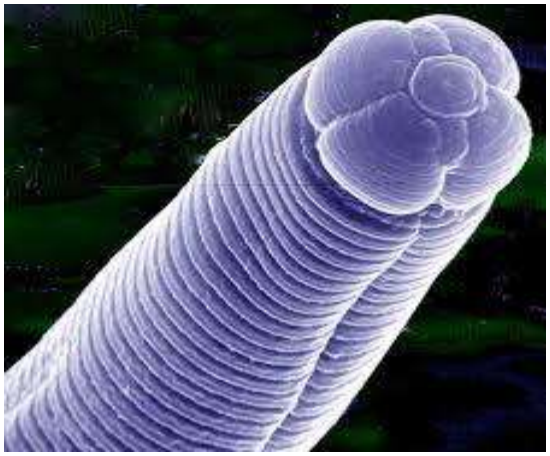


4- **التركيبات الراسية Cephalic cuticle structures :** تتميز منطقة الراس عادة بتناظر سداسي شعاعي يحيط بفتحة الفم ست شفاه اثنتان تحت ظهريتان subdorsal واثنتان جانبيتان Lateral واثنتان تحت بطنيتان subventral وتزود منطقة الشفة بعدد من الاعضاء الحسية مرتبة في ثلاث صفوف دائرية يحيط بالشفاه من الصف الخارجي اربع حلمات (أشواك) رأسية Cephalic papillae (seta) وفي الصف الاوسط وعلى الشفاه توجد ستة حلمات شفوية خارجية وفي الصف الداخلي توجد ست حلمات شفوية داخلية inner labial papillae وقد تندمج هذه الشفاه مع بعضها لتشكل ثلاث ازواج كما في الاسكارس وقد يحدث تحورات كبيرة في هذه المنطقة او قد تغيب في بعض الانواع ليحل محلها تراكيب خاصة على شكل نموات راسية وشفوية labial and cephalabial and cephalic probolae وبصورة عامة تتكون منطقة الشفاه في معظم انواع نيماتودا النبات من ست شفاه وقد تمتلك هيكلا راسيا يدعم منطقة الراس كما في جنسي *Bielonolaimus* و *Hoplolaimus* وقد تندمج الشفاه في انواع قليلة من نيماتودا النبات لتكون وحدة شفوية واحدة كما في Adenophorea.





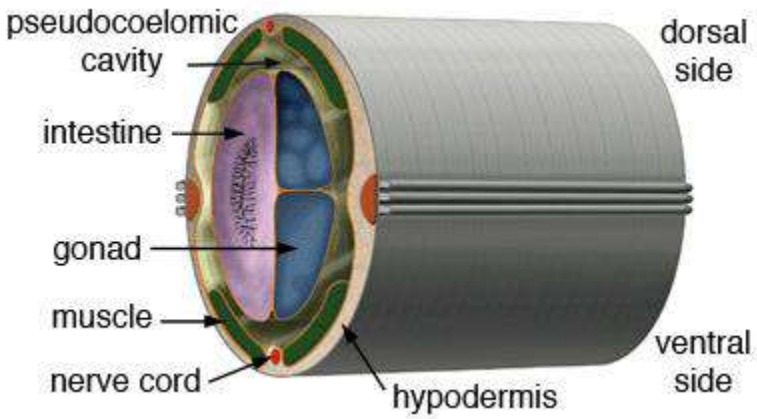
Examples of the arrangement of cephalic sensory structures in nematodes: top left, *Enoplus*; top right, *Desmodora*; bottom left, *Axonolaimus*; bottom right, *Rhabditis*. Typically a ring of 6 sensory papillae surround the mouth, outside of which is a ring of 6 setae and then 4 setae, with the positions of the two 'missing' lateral setae in the outer circle occupied instead by the pair of amphids. In *Rhabditis* all the setae are replaced by (transformed to) papillae and in *Axonolaimus* only the 4 outer setae remain, the others being replaced by papillae.



Belonolaimuslongicaudates

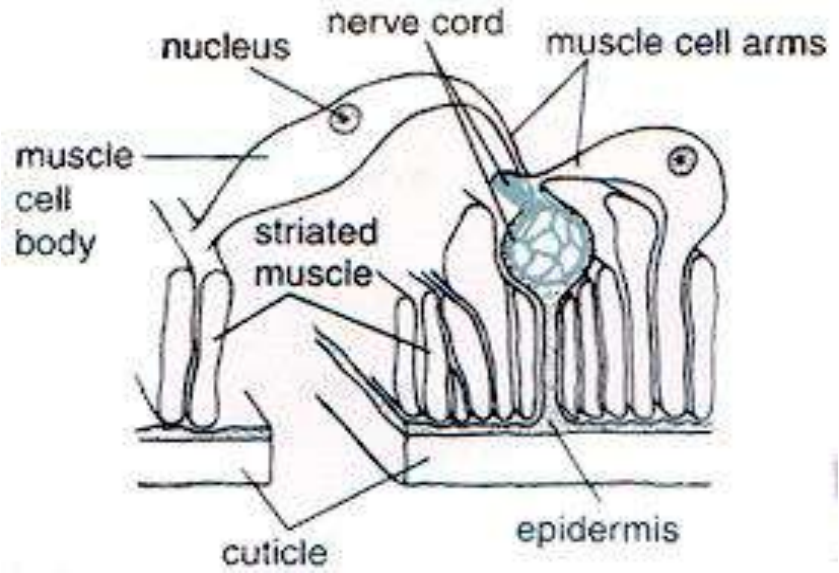
2. طبقة البشرة (الهيبوديرمس) Hypodermis

طبقة رقيقة من الأنسجة تقع مباشرة تحت طبقة الكيوتكل وتتميز ببروزات طويلة متجهة للداخل في مناطق الظهر والبطن والجانبين مكونة بذلك اربعة حبال Chords طويلة تقسم طبقة العضلات الداخلية الى اربعة اقسام متساوية. ويوجد في معظم انواع النيماتودا اربعة حبال طويلة. وقد يتضاعف العدد في بعض الانواع، الا انه مهما تغير عدد الحبال يضل الحبلان الجانبيان هما الأهم والأكثر وضوحاً وتخلو منطقه الهيبوديرمس الواقعة بين الحبال من الأنوية بينما تكون التراكيب في منطقة الحبال اكثر تعقيداً. تتميز طبقة الهيبوديرمس بانها **طبقة خلوية في اليافعات وفي الطور الكامل في بعض الأنواع ولكنها قد تصبح اندماجاً خلوياً في بعض الأنواع الطفيلية الكبيرة.** وتعد هذه الطبقة من **اكثر انسجة الجسم حيوية ونشاطاً** فبالإضافة الى **وظيفتها الرئيسية** في **تكوين طبقة كيوتكل جديدة عند كل عملية انسلاخ** فأنها تعد منطقة غنية بالدهون والكلايكوجين وعدد من الأنزيمات الضرورية للقيام بالعمليات البايولوجية المهمة لنشاط ونمو النيماتودا كما تحتوي على عدد من الغدد وحيدة الخلية يعتقد انها تعمل كمنظمات اسموزية ايونية كما انها لها علاقة باعضاء الحس المختلفة كالاعضاء الامفيدية والفازميدية .



3. طبقة العضلات الجسدية Somatic musculature

وهي تلي طبقة الهيبوديرمس الى الداخل وتتكون من طبقة واحدة سميكة من خلايا عضلية مغزلية الشكل مرتبة طولياً ويلامس طرفها الخارجي طبقة الهيبوديرمس. وتقسم طبقة العضلات الى عدة حقول (2-**8**) حقول عضلية طولية وذلك بحسب عدد حبال طبقة الهيبوديرمس الطولية، فمثلاً اذا كان عدد هذه الحبال اربعة فأن هذه الطبقة تكون مقسمة الى اربع حقول عضلية اثنان منها على جانبي منطقة الظهر subdorsal واثنان منها على جانبي منطقة البطن subventral، وبحسب عدد صفوف الخلايا العضلية في كل حقل عضلي فانه يمكن تميز شكلين من ترتيب الصفوف فاذ احتوى الحقل الواحد على 2-5 صفوف يطلق على هذا الترتيب meromyarian اما اذا كان عدد الصفوف اكثر من ذلك فيكون الترتيب من نوع polymyarian. وتؤدي طبقة العضلات الجسدية دوراً مهماً في حركة النيماتودا اضافة الى انها مخزناً للكلايكوجين.



تجويف الجسم Body cavity

تتميز النيماتودا بتجويف جسمي غير حقيقي Pseudocoelom وهي بذلك تختلف عن جميع الحيوانات ذات التجويف الجسمي الحقيقي، فتجويف النيماتودا غير مبطن تماماً بنسيج ميزوديرمي الأصل ولكنه مبطن من الناحية الخارجية بطبقة الخلايا العضلية الجسدية ومن الناحية الداخلية بخلايا القناة الهضمية. وكلتا المجموعتين من الخلايا ليست خلايا ميزوديرمية المنشأ ويمتلئ هذا التجويف بسائل الجسم ذي التركيب الكيميائي المعقد ويعتقد ان سائل الجسم يقوم بعدد من العمليات الفسيولوجية المهمة منها:

1. نقل المواد الغذائية المهضومة من الأمعاء.
2. تبادل الغازات.
3. حركة الماء في جسم النيماتودا.
4. يعمل على تنظيف (غسل) الأعضاء الداخلية.
5. يؤدي دور كبير في نظام الضغط الإنتفاخي في جسم النيماتودا إذ دائماً تحت الضغط الهيدروستاتيكي يختلف حسب انقباض وانبساط العضلات ولذلك فهو يساعد على حركة النيماتودا.

الشكل الخارجي والتركيب الداخلي للنيماتودا

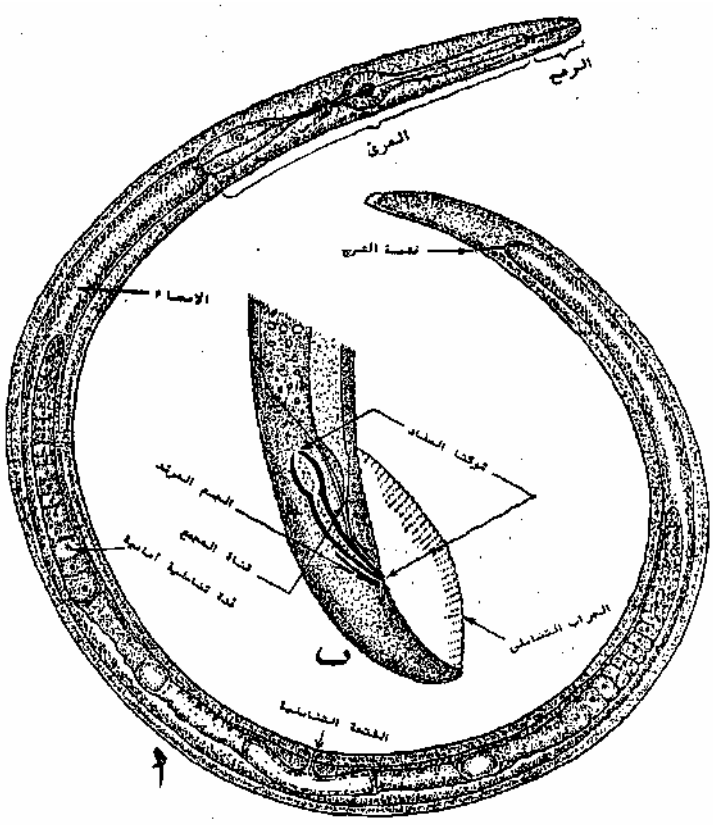
Morphology and Anatomy of Nematodes

مقدمة

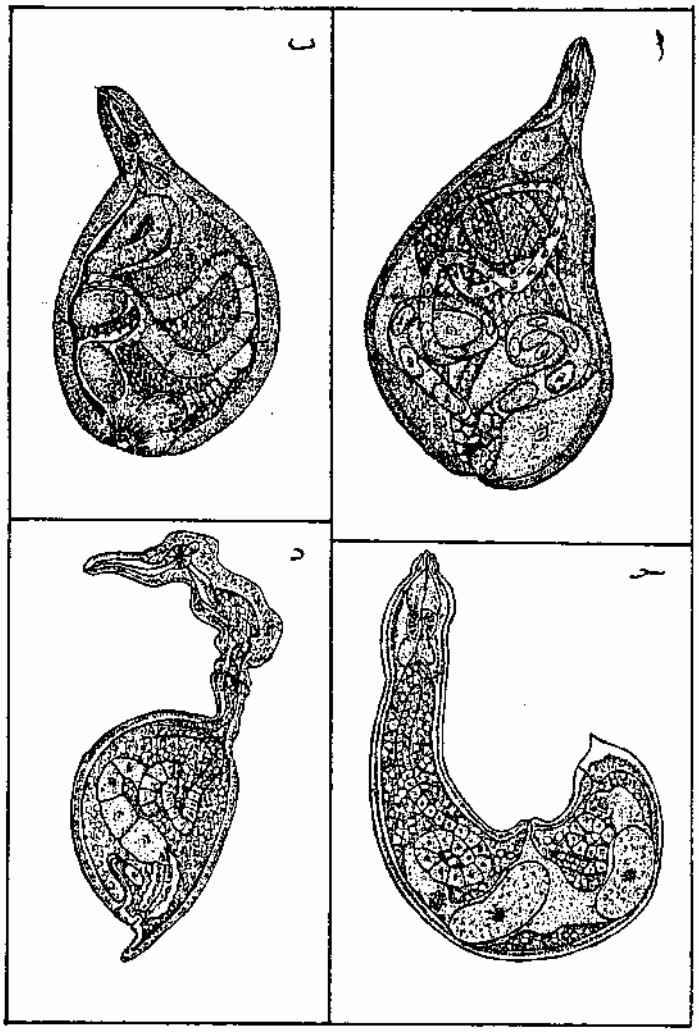
يتناول هذا الفصل - بشيء من الإيجاز - الشكل الخارجي والتركيب الداخلي للنيماتودا بصورة عامة، مع التركيز بقدر الإمكان على نيماتودا النبات.

تشكل النيماتودا مجموعة كبيرة من الحيوانات اللافقارية، وهي كمجموعة تعتبر من أكبر المجموعات في المملكة الحيوانية من حيث العدد والتنوع. وبالرغم من التباين الكبير في الشكل الخارجي والتركيب الداخلي لمجموعة هذه الأحياء الضروري لتأقلمها مع جميع البيئات تقريباً، إلا أن هذه المجموعة تتميز – كما ذكرنا سابقاً – بتناظر جانبي، وتجويف جسمي كاذب، ووجود ثلاث طبقات جنينية. وعادة ما تتميز النيماتودا بجسم دودي مغزلي الشكل Fusiform (الشكل رقم ٢) كما في معظم نيماتودا النبات، حيث يكون الجسم عريضاً نسبيًّا في الوسط، ثم يستدق تدريجيًّا نحو الطرفين. إلا أنه في عدد قليل من النيماتودا يتخذ الجسم شكلاً خيطياً Filiform، أي أن عرض الجسم متساوٍ على طول محوره، كما في معظم أنواع النيماتودا المتطفلة على الحشرات. وتبدي بعض أجناس النيماتودا ظاهرة اختلاف الشكل الجنسي Sexual Dimorphism، ففي حين يحتفظ الذكر بشكله الأسطواني الدودي تنتفخ الإناث وتتخذ أشكالاً مختلفة (الشكل رقم ٣)، كالشكل الكمثري (نيماتودا تعقد الجذور)، أو الليموني (نيماتودا الحوصلات)، أو الكلوي (النيماتودا الكلوية)، وهي بهذا تفقد القدرة على الحركة وتبقى ساكنة داخل الجذور أو على سطوحها. ويختلف طول جسم النيماتودا كثيراً، إذ

يتراوح بين ٢٠٠مم وعدة أمتار كما في بعض أنواع نيماتودا الحيوان التي قد يصل طولها إلى ٧ر٥ متر، كما يصل طول بعض أنواع النيماتودا البحرية إلى ٥سم، أما طول جسم نيماتودا النبات فلا يزيد عادة عن ٥٠٠ مم وبعرض حوالي ٥٠ ٠٠مم، ولذلك يصعب رؤيتها بالعين المجردة.



الشكل رقم (٢). الشكل الخارجي والتركيب الداخلي العام لنيمانودا النبات. (أ) جسم الأنثى، (ب) مؤخرة جسم الذكر.



الشكل رقم (٣). الأشكال المنتفخة التي تتخذها إناث بعض أجناس النيمانودا.

(أ) الشكل الكمثري لنيمانودا تعقد الجـذور، (ب) الليمـوني لنيماتـودا الحوصلات، (ج) الكلوي للنيمانودا الكلوية، (د) الكروي تقريباً مع امتداد منطقة العنق لنيمانودا الموالح.

(عن Ayoub, 1980).

يعتبر تركيب جسم النيماتودا بسيطاً (الشكل رقم ٢) حيث يغلفه من الخارج جدار قوي Body Wall. ويحتوي الجسم في الداخل على عدد من الأعضاء والأجهزة المختلفة كالجهاز الهضمي، والإخراجي، والعصبي، والتناسلي، إلا أنه يفتقر إلى كل من الجهاز التنفسي والجهاز الدوري، حيث إن أبعاد الجسم صغيرة بدرجة تسمح بتبادل الغازات وانتشار العناصر الغذائية والفضلات بدون جهاز دوري. ويمتليء تجويف الجسم (Pseudocoelom) بسائل الجسم – الذي يكون تحت ضغط – إضافة إلى بعض الأنسجة الليفية والخلايا الكبيرة. ويتميز الجسم بأنه غير مقسم إلى حلقات (Nonsegmented) خلافاً لما عليه الحالة في الديدان الحلقية مثلاً، إلا أن بعض الأنواع القليلة جدًّا (النيماتودا الحلقية) تبدو وكأن أجسامها مقسمة إلى حلقات، ولكن هذا التحلق لا يمتد إلى ما تحت طبقة الكيوتيكل من جدار الجسم.

تكون معظم أجسام النيماتودا الصغيرة شفافة عديمة اللون، وتبدو طبقة الكيوتيكل في بعض الأنواع مبيضة Whitish أو مصفرة Yellowish إلى حدٍّ ما. كما يتخذ الكيوتيكل في بعض الأنواع الأخرى لوناً خفيفاً يعكس لون محتويات الغذاء في أمعائها.

تتكون دورة الحياة في النيماتودا بصورة عامة من البيض وأربعة أطوار يرقية، يتخللها اربعة انسلاخات، ثم الطور الكامل. وتتأثر مدة الجيل كثيراً بعوامل مختلفة أهمها النوع والظروف البيئية ووجود العائل المناسب.

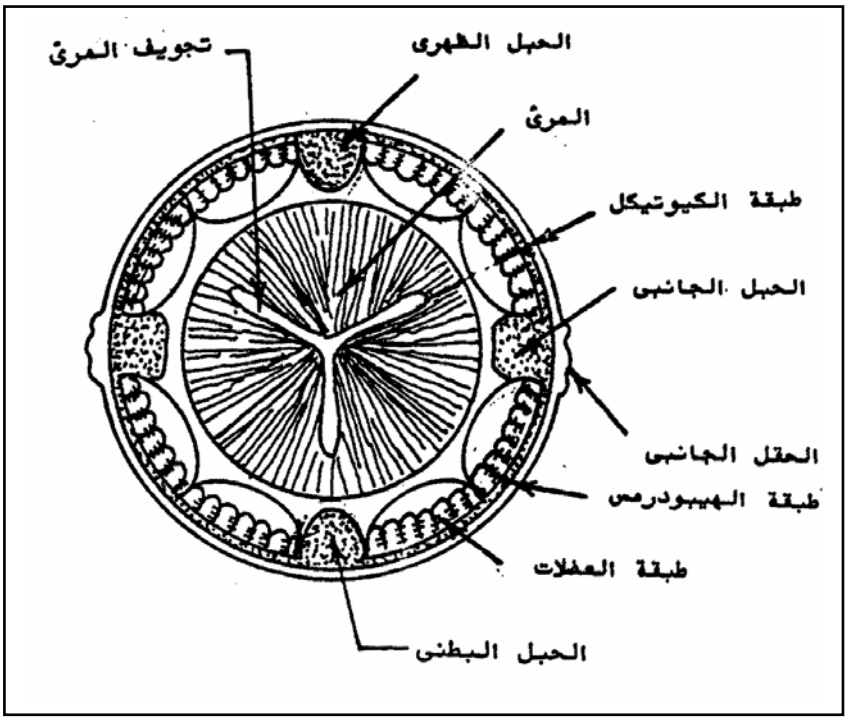
التركيب العام للجسم Body Structure

يعتبر التركيب العام لجسم النيماتودا تركيباً بسيطاً (الشكل رقم ٢) كما ذكرنا سابقاً، إذ يتكون بصورة رئيسة من أنبوبتين واحدة داخل الأخرى، تمثل الأنبوبة الخارجية منهما جدار الجسم، بينما تمثل الداخلية القناة الهضمية. ويمتليء التجويف بينهما بسائل الجسم – كما ذكرنا سابقاً – إضافة إلى بعض الأجهزة الأخرى كالجهاز

التناسلي، والإخراجي، والعصبي، إلى جانب بعض الأنسجة الليفية والخلايا الكبيرة وبعض الغدد.

جدار الجسم Body Wall

يتركب جدار الجسم من ثلاث طبقات رئيسة هي من الخارج إلى الداخل: طبقة الكيوتيكل، وطبقة الهيبودرمس، ثم طبقة العضلات الجسدية (الشكل رقم ٤).



الشكل رقم (٤). قطاع عرضي في جسم النيماتودا عند منطقة المريء يوضح الطبقات الرئيسة الثلاث لجدار الجسم: طبقة الكيوتيكل، وطبقة الهيبودرمس، وطبقة العضلات الجسدية.

أولاً : طبقة الكيوتيكل Cuticle

تشكل طبقة الكيوتيكل الغطاء الخارجي لجسم النيماتودا، كما أنها تبطن أيضاً الامتدادات الداخلية للفتحات الخارجية الطبيعية على الجسم كتجويف الفم، والمريء، والمستقيم، والمهبل، والمجمع، والفتحة الإخراجية، وكذلك النهايات الطرفية لأعضاء الحس الأمفيدية (Amphids) في مقدمة الجسم، وأعضاء الحس الفازميدية (Phasmids) في مؤخرة الجسم في بعض الأنواع. كما أن طبقة الكيوتيكل تبرز على سطح الجسم في بعض المناطق لتكون بعض التركيبات الخارجية الخاصة، كبعض أجزاء الفم الحسية مثل الحلمات والأشواك الشفوية، وشوكتي السفاد، والجراب التناسلي في بعض الأنواع.

وتعتبر طبقة الكيوتيكل طبقة لا خلوية بروتينية غير حية، تتميز بأنها شفافة عديمة اللون ومرنة، تفرزها طبقة الهيبودورمس الحية النشطة. وتقوم طبقة الكيوتيكل بحماية الجسم من المؤثرات الخارجية في البيئة المحيطة، وتعمل أيضاً كهيكل قابل للتمدد عند النمو إلى حين وقت الانسلاخ، حيث تتجدد هذه الطبقة عند كل عملية انسلاخ.

كما أن لصفات هذه الطبقة التركيبية علاقة وثيقة بحركة النيماتودا البطنية الظهرية (Dorso-Ventral Undulatory Movement). ويبدو بصورة عامة أن طبقة الكيوتيكل تسمح بنفاذية الكثير من المركبات الكيميائية، كالماء وبعض الأيونات، وبعض المركبات العضوية، كالمبيدات النيماتودية العضوية. وتمتلك النيماتودا الحية مقدرة الاختيار (Selectivity) تجاه الجزيئات الداخلة إلى أجسامها، ولكن هذه المقدرة تزول عند الموت، فقد وجد مثلاً أن نيماتودا الموالح ونيماتودا تثألل حبوب القمح تأخذ وتتخلص بسرعة من الماء ومبيدي EDB و DBCP، إلا أنهما لا تفعلان ذلك مع الجلوكوز وخلات الصوديوم والجلايسين. ويؤثر التأقلم البيئي للنيماتودا على هذه المقدرة، وبصورة عامة فقد وجد أن النفاذية تكون بدرجة أكبر في نيماتودا البحار

والمحيطات منها في نيماتودا النبات والحيوان. كما أن التأقلم البيئي أيضاً يؤثر على تركيب طبقة الكيوتيكل نفسها، وبالإضافة إلى ذلك فإن طبقة الهيبودرمس تتحكم في نشاط طبقة الكيوتيكل، وخاصة فيما يتعلق بالنمو والنفاذية.

وبالرغم من قلة المعلومات حول تركيب الكيوتيكل المبطن للفتحات الخارجية، إلا أن طبقة الكيوتيكل المغلفة لجسم النيماتودا تعتبر طبقة بروتينية Collagen مركبة، تتكون من عدة طبقات، يختلف عددها باختلاف أجناس النيماتودا ومراحل تطورها، وباختلاف مناطق الجسم للنوع الواحد.

ويعتقد أن طبقة الكيوتيكل تتكون أساساً من ثلاث طبقات هي من الخارج إلى الداخل: طبقة القشرة Cortex، وطبقة النخاع Matrix، والطبقة القاعدية Basallayer. وقد تنقسم هذه الطبقات إلى عدة طبقات أخرى، ويبدو أن طبقة النخاع قد لا توجد في بعض أنواع النيماتودا. ويختلف سمك طبقة الكيوتيكل كثيراً في النيماتودا الطفيلية، فهو يتراوح من ٣ ميكرونات في النيماتودا الخنجرية *Xiphinema americanum* إلى ٥٠ ميكروناً في نيماتودا *Strongylus equinus*. وقد وجد أن النسبة بين سمك طبقة الكيوتيكل وقطر جسم النيماتودا يتراوح من ١: ٣٠ إلى ١ : ٤٠. هذا ويتخذ الكيوتيكل في بعض الأنواع شكلاً مختلفاً، فقد وجد أن الغطاء الخارجي لجسم إناث النيماتودا الغمدية *Hemicycliophora arenaria* يتكون من جزءين أحدهما خارجي وهو على هيئة غلاف غير ملتصق (Loose Sheath) والآخر داخلي يمثل الكيوتيكل الحقيقي الذي يتكون من سبع طبقات.

التركيبات الخارجية للكيوتيكل External Cuticular Structures

يوجد على سطح الكيوتيكل كثير من التركيبات والعلامات Markings المختلفة ذات التكوين المعقد. وتعتبر هذه التركيبات ذات فائدة تصنيفية، حيث تساعد في التعرف على الأنواع المختلفة من النيماتودا ، وتشمل هذه التركيبات الآتي:

١- التنقيط Punctuation

ويظهر على هيئة نقط صغيرة مستديرة أو بيضاوية الشكل، تترتب على شكل صفوف طولية أو عرضية، أو تتخذ ترتيبات مختلفة، يكثر وجودها بصورة عامة في النيماتودا الحرة. ومع أن هذه النقط تبدو واضحة على السطح عند الفحص تحت المجهر الضوئي، إلا أن بعض المختصين يرى أنها عبارة عن فتحات لقنوات مسامية تمتد من الطبقات الداخلية للكيوتيكل. ولكن عندما درست هذه النقط حديثاً بواسطة المجهر الإلكتروني بدت وكأنها عصيات صغيرة مجوفة يعتقد أنها تعمل على تدعيم طبقة الكيوتيكل، وليست كما كان يظن بعض الباحثين.

٢- التركيبات (العلامات) العرضية Transverse Markings

توجد تقريباً في جميع أنواع النيماتودا، وتأخذ هذه التركيبات شكل تخطيطات (Striation) ناعمة، أو تكون أكثر عمقاً فتشبه التحلق Annulation. وتختلف درجة التخطيط العرضي في نيماتودا النبات من جنس إلى آخر، ففي نيماتودا التقرح *Pratylenchus* spp. مثلاً، يكون التخطيط ناعماً Fine Striation (الشكل ٦١)، بينما يبدو أكثر عمقاً في النيماتودا الرمحية *Hoplolaimus* spp. (الشكل ٧٣)، أو يكون عميقاً يشبه التحلق كما في النيماتودا الحلقية *Criconemella* spp. (الشكل ٧٤) حيث تبدو أجسامها وكأنها مقسمة إلى حلقات حقيقية.

ويتكون التخطيط العرضي نتيجة لانثناءات إلى الداخل في الطبقات الخارجية من طبقة الكيوتيكل تحدث في مناطق متقاربة على السطح. وبالرغم من أن التخطيط العرضي يوجد في جميع أنواع النيماتودا، إلا أنه قد يكون بدرجات مختلفة كما ذكرنا أعلاه، كما أن له علاقة بحركة النيماتودا البطنية الظهرية.

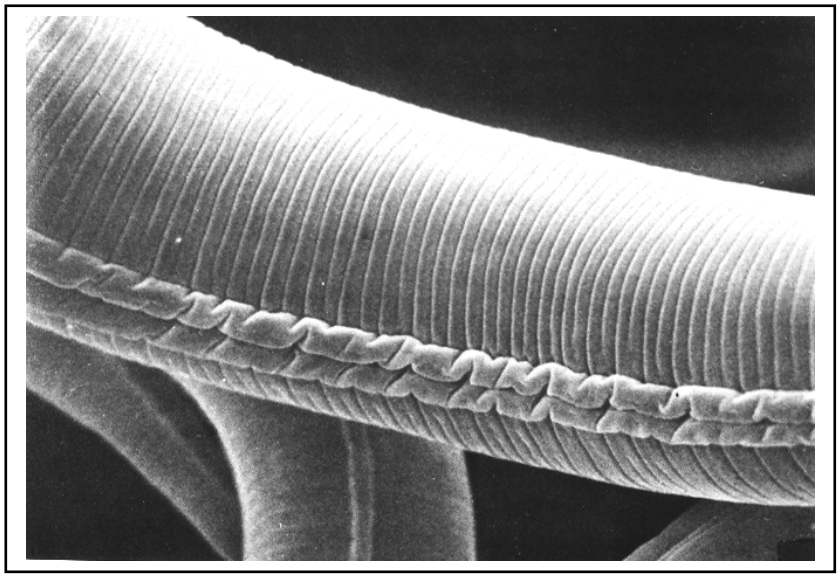
٣- التركيبات (العلامات) الطولية Longitudinal Markings

تأخذ هذه التراكيب عادة شكل جدر محدبة Ridges أو تجنحات Alae طولية.

أ) الجدر الطولية Ridges: وهي عبارة عن مناطق بارزة مستمرة على طول الجسم، كما في بعض أنواع النيماتودا المتطفلة على الحيوان، ويعتبر ترتيب هذه الجدر صفة تقسيمية مفيدة.

ب) التجنحات Alae: تكون هذه التجنحات إما عبارة عن زيادة في سمك الكيوتيكل في مناطق معينة، أو على شكل بروزات سطحية توجد في المنطقة الجانبية أو تحت الجانبية لجسم النيماتودا، وتقسم إلى ما يلي:

● *تجنحات طولية Longitudinal Alae*: تتكون من طبقات الكيوتيكل الخارجية التي تمتد طوليًّا على جانبي الجسم، يعرف الواحد منها بالحقل الجانبي Lateral Field (الشكل رقم ٥)، ويقع الحقلان الجانبيان فوق منطقة الحبلين الجانبيين لطبقة الهيبودرمس مباشرة.



الشكل رقم (٥). صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) توضح الحقل الجانبي وحلقات الكيوتيكل لنيماتودا *Aphelenchus rutgersi*.

(عن Wergin, 1981).

ويختلف شكل الحقل الجانبي كثيراً في النيماتودا المختلفة، كما أن عدد الخطوط الطولية Longitudinal Incisures التي توجد داخل الحقل الجانبي تختلف (١-١٢) باختلاف النيماتودا، ويعتبر هذا العدد صفة من الصفات التقسيمية للنوع في بعض الحالات. ويعتقد أن الحقلين الجانبيين يساعدان في حركة النيماتودا، وربما يسمحان بزيادة عرض الجسم عند النمو.

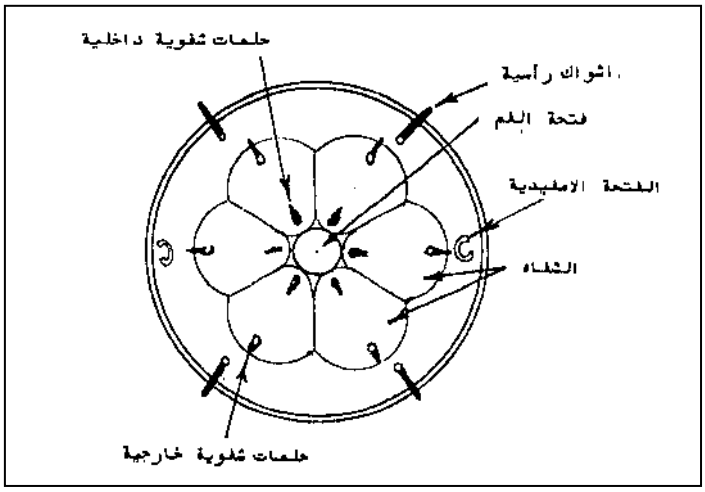
● *تجنحات ذيلية Caudual Alae*: توجد في النهاية الخلفية لجسم الذكر، ويقتصر وجودها على ذكور بعض الأجناس النيماتودية دون الأخرى، وعادة يطلق عليها اسم الجراب التناسلي (أو غشاء السفاد) Bursa (الشكل رقم ٢ب). ويساعد الجراب التناسلي على ثبات اتزان النيماتودا عند عملية السفاد (الشكل رقم ٢٣)، كما يبدو أنه تركيب حساس مزود بحلمات تناسلية حسية Genital Papillae، يزداد حجمه بوجود مادة تخرج من الفتحة التناسلية للأنثى أو قربها.

● *تجنحات عنقية Cervical Alae*: توجد في الجزء الأمامي من الجسم، ويقتصر وجودها على بعض أنواع النيماتودا المتطفلة على الإنسان والحيوان، كفصيلة Ascaridae، وفصيلة Strongylidae، وهذه التجنحات تنشأ أساساً من الطبقتين الخارجيتين للكيوتيكل.

٤- التركيبات الرأسية Cephalic Cuticular Structures:

تتميز منطقة الرأس عادة بتناظر شعاعي سداسي Hexaradiate Symmetry، حيث يحيط بفتحة الفم ست شفاه، اثنتان تحت – ظهريتان Sundorsal، واثنتان جانبيتان Lateral، واثنتان تحت – بطنيتان Subventral. وتُزود منطقة الشفاه بعدد من الأعضاء الحسية مرتبة في ثلاثة صفوف دائرية، حيث يحيط بالشفاه في الصف الخارجي أربع حلمات (أشواك) رأسية Cephalic Papillae (Setae)، وفي الصف الأوسط على

الشفاه توجد ست حلمات شفوية خارجية Outer Labial Papillae، وفي الصف الداخلي توجد ست حلمات شفوية داخلية Inner Labial Papillae، (الشكل رقم ٦). هذا وقد تندمج هذه الشفاه في بعض الأنواع لتشكل ثلاثة أزواج كما في الأسكارس. وقد يحدث تحورات كبيرة في هذه المنطقة، أو قد تغيب هذه الشفاه تماماً في بعض الأنواع ليحل محلها تراكيب خاصة على شكل نموات رأسية وشفوية Labial and Cephalic Probolae . وبصورة عامة تتكون المنطقة الشفوية في معظم أنواع نيماتودا النبات من ست شفاه (الشكل رقم ٨)، وقد تمتلك هيكلاً رأسيًّا Cephalic Framework يدعم منطقة الرأس، كما في جنسي *Belonolaimus* (الشكل رقم ٨١ب) و *Hoplolaimus* مثلاً. وقد تندمج الشفاه في أنواع قليلة من نيماتودا النبات لتكون وحدة شفوية واحدة (طائفة Adenophorea).



الشكل رقم (٦). رسم تخطيطي يوضح الخلايا العضلية المغزلية الشكل (للأسكارس) واتصالاتها مع الجهاز العصبي.

(عن Bird, 1971).

ثانياً: طبقة الهيبودرمس Hypodermis

وهي طبقة رقيقة من الأنسجة (الشكل رقم ٤) تقع مباشرة تحت طبقة الكيوتيكل، وتتميز ببروزات طولية متجهة إلى الداخل في مناطق الظهر والبطن والجانبين، مكونة بذلك أربعة حبال طولية تقسم طبقة العضلات الداخلية إلى أربعة أقسام متساوية. ويوجد في معظم أنواع النيماتودا أربعة حبال Chords طولية، وقد يتضاعف هذا العدد في بعض الأنواع، إلا أنه مهما تغير عدد الحبال يظل الحبلان الجانبيان Lateral Chords هما الأهم والأكثر وضوحاً. وتخلو منطقة الهيبودرمس الواقعة بين الحبال من الأنوية، بينما تكون التراكيب في منطقة الحبال أكثر تعقيداً، حيث تحتوي هذه المنطقة على عدة أنوية وحبيبات من الدهون والجلايكوجين اللازمة للعمليات البيولوجية أثناء النمو. كما تحتوي منطقة الحبال على أعصاب الجسم الممتدة طوليًّا، وكذلك على قناتي الإخراج Excretory Canals في حالة وجودهما في كثير من الأنواع.

وتتميز طبقة الهيبودرمس بأنها طبقة خلوية Cellular في طور اليرقات، وفي الطور الكامل لبعض الأنواع، ولكنها قد تصبح اندماجاً خلويًّا Syncytium في بعض الأنواع الطفيلية الكبيرة، أو أن هذه الأنواع الأخيرة ذات طبقة خلوية ولكن يصعب تحديد جدر الخلايا. وتعتبر طبقة الهيبودرمس من أكثر أنسجة الجسم حيوية ونشاطاً، فبالإضافة إلى وظيفتها الرئيسة في تكوين طبقة كيوتيكل جديدة عند كل عملية انسلاخ، فإنها تعتبر منطقة غنية بالدهون والجلايكوجين وعدد من الإنزيمات الضرورية للقيام بالعمليات البيولوجية المهمة لنشاط ونمو النيماتودا. كما أنها تحتوي في بعض الأنواع على عدد من الغدد وحيدة الخلية التي يعتقد أنها تعمل كمنظمات أسموزية أو أيونية، كما أن لها علاقة بأعضاء الحس المختلفة كالأعضاء الأمفيدية والفازميدية.

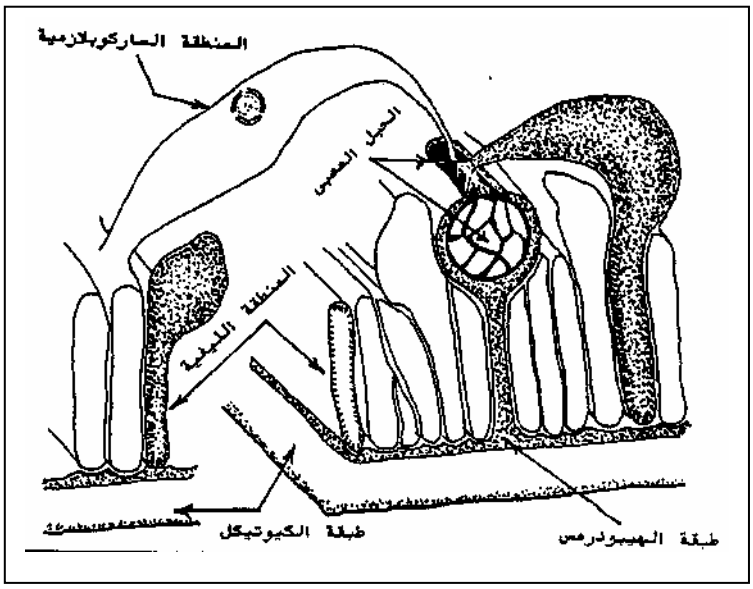
ثالثاً : طبقة العضلات الجسدية Somatic Musculature

وهي تلي طبقة الهيبودرمس إلى الداخل، وتتكون من طبقة واحدة من خلايا عضلية مغزلية الشكل مرتبة طوليًّا (الشكل رقم ٤)، ويلامس طرفها الخارجي طبقة الهيبودرمس. وتقسم طبقة العضلات إلى عدة حقول (٢-٨) عضلية طولية، وذلك بحسب عدد حبال طبقة الهيبودرمس الطولية. فمثلاً إذا كان عدد هذه الحبال أربعة فإن هذه الطبقة تقسم إلى أربعة حقول عضلية، إثنان منها على جانبي منطقة الظهر Subdorsal، وآخران على جانبي منطقة البطن Subventral. وبحسب عدد صفوف الخلايا العضلية في كل حقل عضلي فإنه يمكن تمييز شكلين من ترتيب هذه الصفوف، فإذا حتوى الحقل الواحد على ٢-٥ صفوف أطلق على هذا الترتيب Meromyarian، أما إذا كان عدد الصفوف أكثر من ذلك فيكون الترتيب من النوع Polymyarian.

والخلية العضلية مغزلية الشكل (الشكل قم ٧) ، مغلفة بغشاء رقيق Sarcolemma، وتتكون من منطقتين: منطقة غير منقبضة Non-Contractile Region (ساركوبلازمية) تمتد إلى داخل تجويف الجسم وتحتوي على نواة الخلية وسيتوبلازم مليء بحبيبات الجليكوجين وأجسام دهنية وميتكوندريا، ويخرج من بعضها ذراع عضلية تتصل بالحبل العصبي. أما المنطقة الثانية فهي منطقة منقبضة Contractile Region (ليفية) تتصل في طرفها الخارجي بطبقة الهيبودرمس عن طريق مجموعة من الألياف، وتحتوي هذه المنطقة الأخيرة على أشرطة ليفية تكون عمودية على سطحها الداخلي.

وتتصل الخلايا العضلية مع بعضها البعض في كثير من أنواع النيماتودا بواسطة جسور (اتصالات) سيتوبلازمية، كما قد تحتوي هذه الخلايا – كما ذكرنا سابقاً – على كثير من الاتصالات بالجهاز العصبي عن طريق أذرعة عضلية تتصل بالحبال

العصبية. وبالإضافة إلى دور طبقة العضلات الجسدية الرئيس في حركة النيماتودا فإنها تعتبر أيضاً مخزناً للجليكوجين.



الشكل رقم (٧). منظر أمامي لمنطقة الشفاه يوضح ترتيب الشفاه وأعضاء الحس مرتبة في ثلاثة صفوف دائرية. **(عن Bird, 1971).**

وبالإضافة إلى العضلات الجسدية يوجد عدد من العضلات المتخصصة، كتلك التي توجد في مناطق الرأس، والمريء، والأمعاء، والشرج، وذلك للمساعدة في عمليات التغذية وحركة الغذاء في الأمعاء وإخراج الفضلات، وأيضاً في عملية التكاثر كتلك العضلات التي توجد في مناطق الفتحة التناسلية، وأشواك السفاد، والجسم المرشد، والجراب التناسلي.

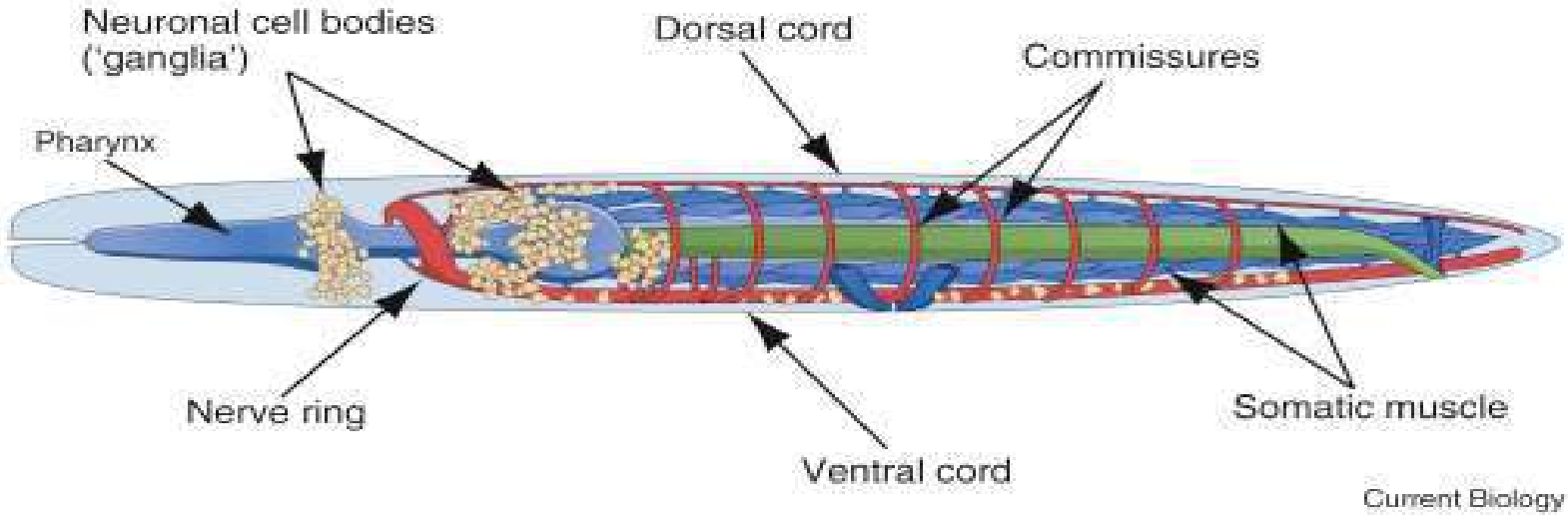
تجويف الجسم Body Cavity

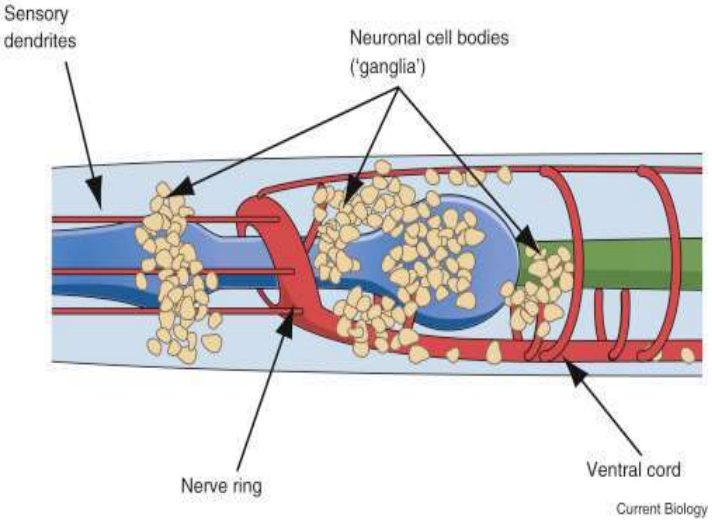
تتميز النيماتودا بتجويف جسمي غير حقيقي Pseudocoelom، وهي بذلك تختلف عن بقية الحيوانات ذات التجويف الجسمي الحقيقي، فتجويفها غير مبطن تماماً بنسيج ميزوديرمي الأصل (المنشأ)، ولكنه مبطن من الناحية الخارجية بطبقة الخلايا العضلية الجسدية، ومن الناحية الداخلية بخلايا القناة الهضمية. وكلتا المجموعتين من الخلايا ليست خلايا ميزودرمية الأصل (المنشأ).

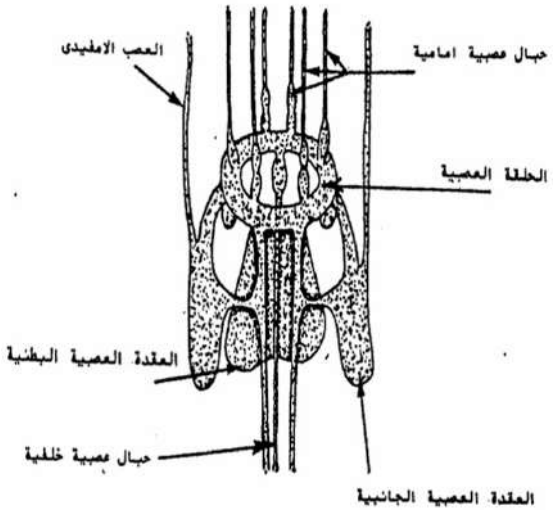
ويمتليء هذا التجويف بسائل الجسم، وهو ذو تركيب كيميائي معقد. ومعظم الدراسات التي تناولت هذا السائل كانت على النيماتودا الكبيرة الحجم وخاصة الأسكارس. ويُعتقد أن سائل الجسم يقوم بعدد من العمليات الفسيولوجية المهمة كنقل المواد الغذائية المهضومة من الأمعاء، وكذلك تبادل الغازات وحركة الماء في جسم النيماتودا، كما أنه يعمل على تنظيف (غسيل) الأعضاء الداخلية. ولسائل الجسم دور كبير في نظام الضغط الانتفاخي Turgor-Pressure System لجسم النيماتودا، حيث يكون دائماً تحت ضغط هيدروستاتيكي يختلف حسب انقباض وانبساط العضلات (المتوسط في الأسكارس حوالي ٧٠مم زئبق)، ولذلك فهو يساعد على حركة النيماتودا، ويشكل مع الكيوتيكل هيكلاً هيدروستاتيكيًّا.

الجهاز العصبي Nervous system

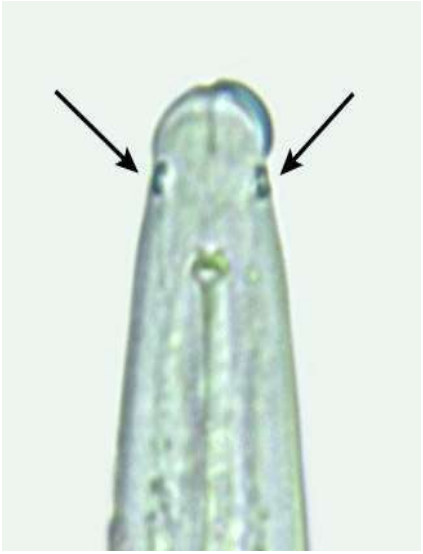
يتألف الجهاز العصبي في ابسط صوره من الحلقة العصبي Nerve ring وعدد من الحبال العصبية الطولية Longitudinal nerve بالإضافة الى عدد من اعضاء الحس التي تنتشر في انحاء الجسم المختلفة وخاصة في منطقتي الرأس ومؤخرة الجسم

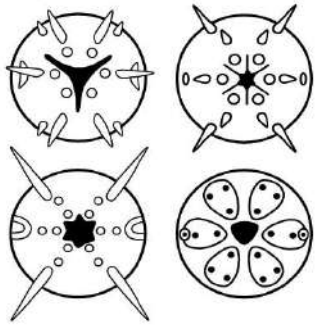




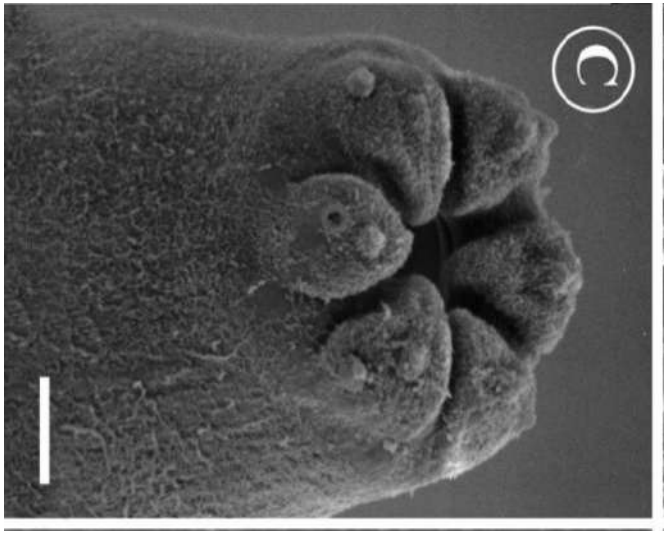


تمثل الحلقة العصبية الجهاز العصبي المركزي إذ تشكل الجزء الأساسي من الجهاز العصبي وتتكون هذه العقدة من مجموعة من الألياف العصبية Nerve fiber والعقدة العصبية Ganglia المصاحبة لها، وتحيط الحلقة العصبية في المريء في منطقة البرزخ ويمتد منها ستة اعصاب طولية أمامية تسمى بالأعصاب الرأسية Papillary nerves لتغذي اعصاب الحس في منطقة الرأس التي تشمل الحلمات والأشواك الشفوية Papillae and Cetae ويمتد امامياً عصبان امفيديان لتغذية زوج من الأعضاء الأمفيدية في منطقة الرأس كما يمتد ايضاً من الحلقة العصبية عدد من اعصاب طولية خلفية من اهمها العصبان الظهري والبطني لتغذية اعضاء الحس في الجزء الخلفي من جسم النيماتودا. تتركز اعضاء الحس في مقدمة ومؤخرة جسم النيماتودا لتساعدها في التعرف على التغيرات المحيطية الخارجية إذ تتصل هذه الأعضاء بالجهاز العصبي بألياف عصبية.





Examples of the arrangement of cephalic sensory structures in nematodes: top left, *Enoplus*; top right, *Desmodora*; bottom left, *Axonolaimus*; bottom right, *Rhabditis*. Typically a ring of 6 sensory papillae surround the mouth, outside of which is a ring of 6 setae and then 4 setae, with the positions of the two 'missing' lateral setae in the outer circle occupied instead by the pair of amphids. In *Rhabditis* all the setae are replaced by (transformed to) papillae and in *Axonolaimus* only the 4 outer setae remain, the others being replaced by papillae.



1-أعضاء الحس الرأسية Cephalie Sense Organs

وتشتمل هذه الاعضاء على زوج من الاعضاء الامفيدية Amphids تقع على جانبي الراس

وكذلك على 16 عضوا حسيا (حلمات شفوية)مرتبة في ثلاث دوائر حول فتحة الفم. حيث يوجد ست حلمات شفوية Labial Papillae داخلية واخرى خارجية مرتبة في تناظر شعاعي سداسي الى الداخل والخارج على شفاه الست المحيطة بفتحة الفم،

اربع اشواك راسية Cephalic Setae مرتبة في الدائرة الخارجية الثالثة في منطقة الراس حول الشفاه.

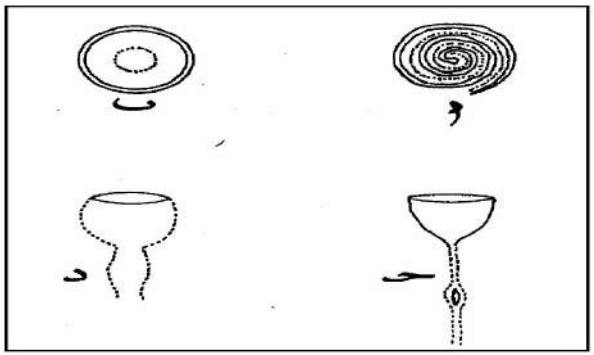
وتعتبر هذه الاعضاء – ما عدا الاعضاء الامفيدية – اعضاء حس لمسية.

وبالرغم من اختلاف شكل العضو الامفيدي وحجمه في الانواع النيماتودية المختلفة الا انه يحتل دائما مساحة كبيرة نسبيا على كل جانب من جانبي منطقة الراس.

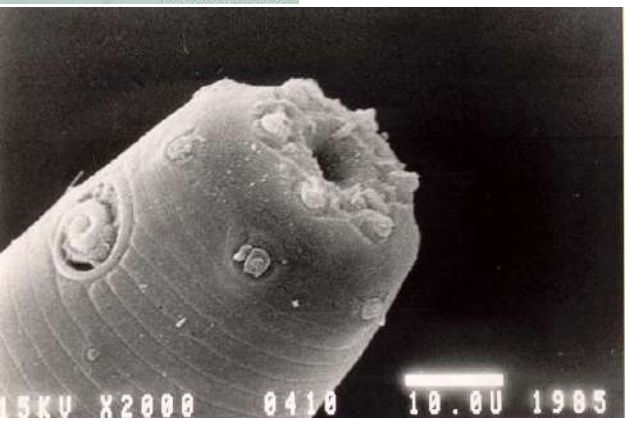
يتكون العضو الامفيدي الواحد من الفتحة الامفيدية التي تقع على جانب منطقة الراس، وتتخذ هذه الفتحة اشكالا مختلفة، فهي مجرد فتحة صغيرة مستديرة تقريبا في منقطة الشفاه في طائفة Secernentea، اما في طائفة Adenophorea فقد تتخذ الشكل الحلزوني، الاهليلجي، الدائري، او الجيبي، وتقع خلف المنطقة الشفوية Postlabial.

تتصل هذه الفتحة – الى الداخل – بالقناة الامفيدية والتي تتسع مكونة جيبا امفيديا يحتوي على اطراف الاعصاب المتصلة بالحلقة العصبية، وقد يتصل هذا الجيب بغدة امفيدية وحيدة الخلية.

ويعتقد ان الاعضاء الامفيدية تعمل كمستقبلات كيميائية Chemoreceptors ولذلك فهي تساعد في توجيه نيماتودا النبات نحو جذور العائل استجابة لإفرازات الجذور الكيميائي.

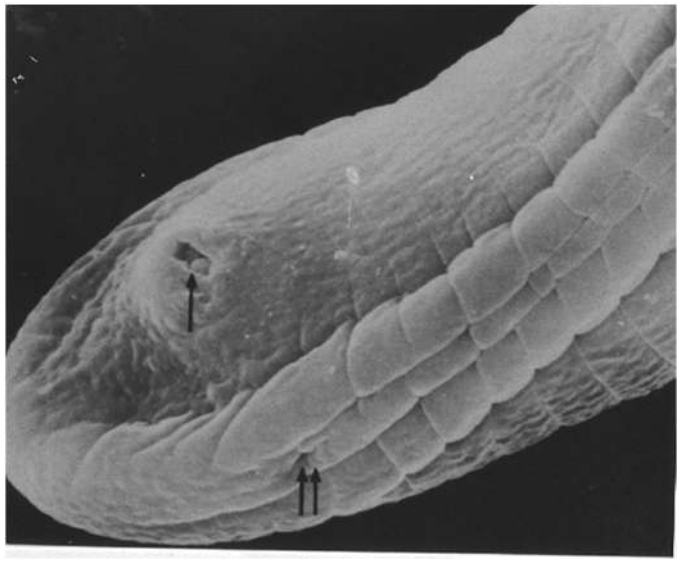


الأشكال المختلفة للفتحات الأمفيدية أ) الشكل الحلزوني (ب) الشكل الدائري (ج) الشكل الجيبي (د) على شكل شق طولي.



- أعضاء الحس الذيلية Caudal Sense Organs

تضم منطقة الذيل عددا من اعضاء الحس نذكر منها ما يلي:
زوج من الأعضاء الفازميدية Phasmids:وهي زوج من الاعضاء الحسية الجانبية توجد عادة على جانبي مؤخرة الجسم، ويقتصر وجودها على طائفة Secernentea ولذلك كانت هذه الطائفة تسمى سابقا بطائفة Phasmida، في حين ان طائفة Adenophorea كانت تسمىAphasmida.
تظهر فتحة العضو الفازميدي كفتحة صغيرة جانبية، او ذات شكل جيبي كبير نسبيا، او قد تتحور على شكل صفيحة تسمى في هذه الحالة Scutella.
والعضو الفازميدي يشبه العضو الامفيدي الى حد كبير في تركيبة الداخلي ووظيفته.



صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) للجزء الخلفي من منطقة الذيل لذكر نيماتودا تعقد الجذور. يشير السهمان إلى الفتحة الفازميدية (في وسط الحقل الجانبي) بينما يشير السهم إلى فتحة المجمع.

أعضاء حسية جنسية Genital Sense Organs:

وهي مجموعة تشتمل على حلمات حسية مختلفة الاشكال توجد في الجهة البطنية لمؤخرة جسم الذكر فقط.
تقع هذه الاعضاء اما داخل الجراب التناسلي Bursa (في حالة وجوده)، او تبدو كمناطق بارزة من كيوتيكل رقيق، واحيانا تكون مصحوبة بعدد من الغدد.
وهي اعضاء حس لمسية، وربما كان لها علاقة بمساعدة الذكر عند السفاد.

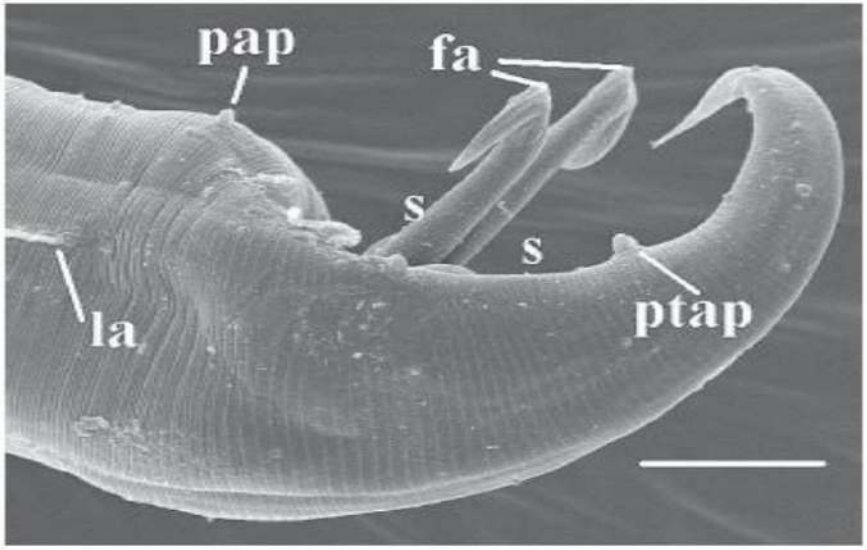
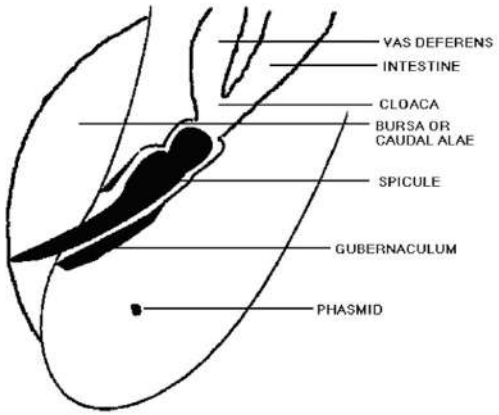


Figure 4. *Aplectana hylambatis*. Male, posterior end, pap: preanal papillae; ptap: postanal papillae; s: spicules; fa: fixed articulation; la: lateral alae. Scale bar: 40 µm.

صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح يوضح فيه أعضاء الحس الجنسية



٣-أعضاء حس ناتجة عن تحورات في طبقة الكيوتيكل Cuticular Organs Sense

وتشمل مجموعة من اعضاء الحس منتشرة على طول الجسم تحت طبقة الكيوتيكل، الا ان تراكيبها ووظائفها غير معروفة تماما، ولكن يعتقد ان لجميع هذه الاعضاء علاقة بالجهاز العصبي. وتشمل هذه الأعضاء

السفاليد Cephalids في المنطقة الراسية من الجسم.

الكودااليد Caudalids امام فتحة الشرج

الهيميزونويد Hemizonoid في الجهة البطنية بالقرب من الفتحة الاخراجية

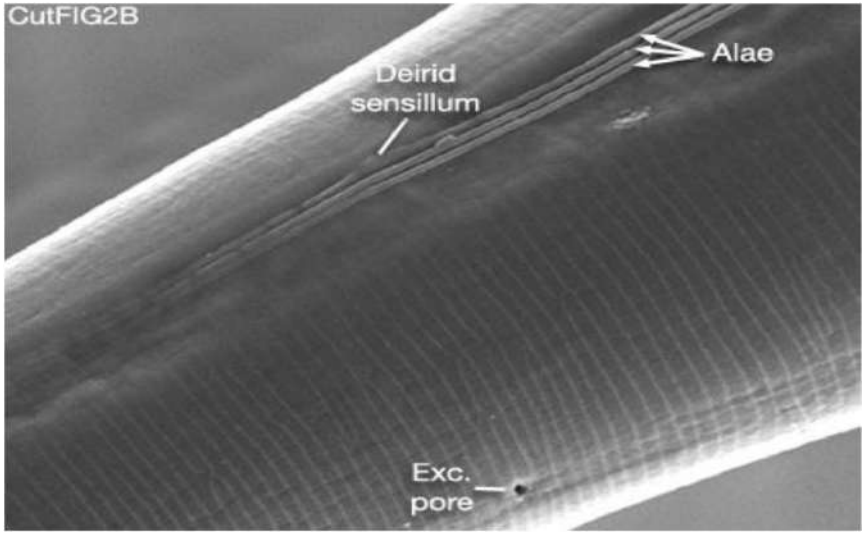
الهيميزونيون Hemizonin التي تقع خلف اعضاء الهيميزونويد.

٤- ديريد Deirids

وهي زوج من الاعضاء الحسية تقع على جانبي الجسم وسط خطوط الحقلين الجانبيين في منطقة الحلقة العصبية، وتتغذى عصبيا بواسطة الاعصاب الجانبية الخارجية.

٥- أوسيللي Ocelli

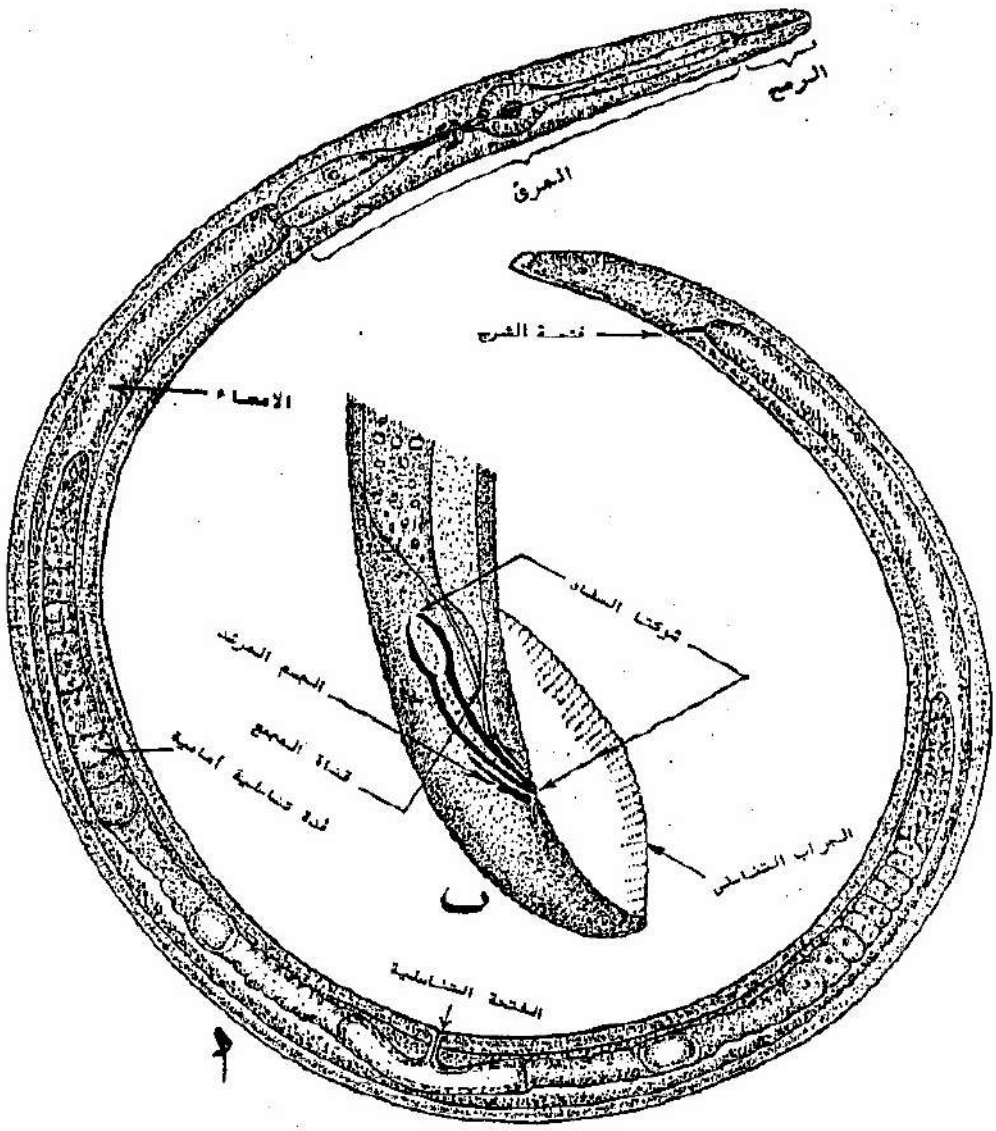
وهي اعضاء حس شبيهة بالعين تقع مغمورة في عضلات المريء، ويقتصر وجودها على نيماتودا المياه العذبة والمالحة فقط.



صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح يوضح فيه أعضاء الحس الديريدية

الجهاز الهضمي Digestive system

يتكون الجهاز الهضمي في النيماتودا بصورة اساسية من انبوبة بسيطة التركيب يصب فيها عدد من الغدد، تبدأ بفتحة الفم في الطرف الأمامي من الجسم وتنتهي بفتحة الشرج Anus في الأنثى او فتحة المجمع Cloaca opening في الذكر.



الشكل الخارجي والتركيب الداخلي العام لنيماتودا النبات. (أ) جسم الأنثى، (ب) مؤخرة جسم الذكر.

تقسم القناة الهضمية الى ثلاث مناطق رئيسية هي:

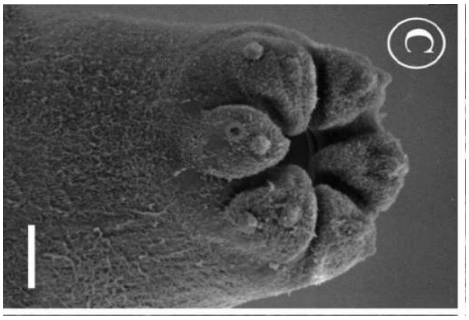
1. **القناة الهضمية الأمامية Foregut** وتشمل الفم والشفاه وتجويف الفم Stoma والمريء Esophagus وغدده والصمام المريئي المعوي Esophago-intestinal valve .
2- **القناة الهضمية الوسطى Midgut** وتمثلها الأمعاء Intestine.
3- **القناة الهضمية الخلفية Hindgut** وتشمل الصمام المعوي المستقيمي Intestine-rectal valve والمستقيم Rectum وغدده في الإناث او المجمع وملحقاته في الذكور.

والجدير بالذكر ان تجويف القناة الهضمية الأمامية والخلفية مبطن بالكيوتكل الذي يستبدل عند كل عملية انسلاخ. كما ان هاتين القناتين تنشأن من طبقتي الإكتوديرم والميزوديرم خلال عملية التطور الجنيني بينما تنشأ القناة الهضمية الوسطى من الأندوديرم.

اولاً:- القناة الهضمية الامامية Foregut وتتكون من:

1. الفم والشفاه Mouth and lips

تقع فتحة الفم في الطرف النهائي الأمامي للجسم من منطقة الرأس وهي عبارة عن فتحة صغيرة مبطنة بالكيوتكل. وتظهر منطقة الرأس تناظراً شعاعياً سداسياً Hexaradiate symmetry، إذ تحاط منطقة الفم بست شفاه عادة وقد يختزل عدد الشفاه في بعض الأنواع في اندماج جزئي ليتكون بذلك ثلاث ازواج من الشفاه اوفي اندماج كلي لتتكون حلقة شفوية متحدة حول فتحة الفم، والشفاه مزودة بعدد من أعضاء الحس على شكل حلمات شفوية Lapial papillae تحاط بعدد من الأشواك الرأسية Cephalie setae وكلها اعضاء حس. وقد تتميز منطقة الرأس في بعض الأنواع بهيكل رأسي Cephalic framework.

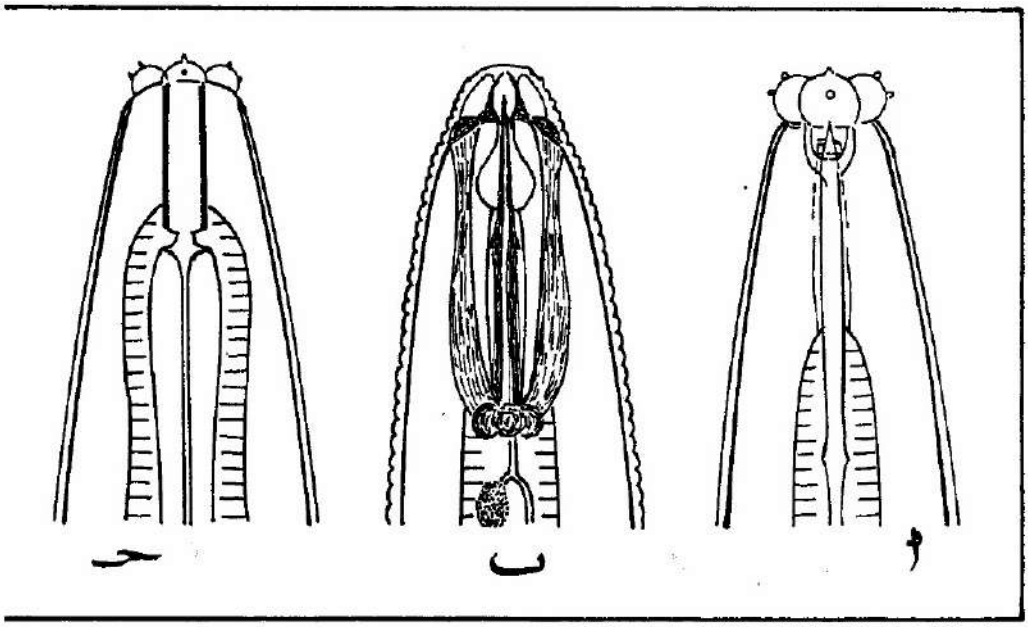


شكل تحت المجهر الالكتروني الماسح يوضح فتحة الفم في النيماتودا والشفاه المحيطة به والحلمات الحسية الشفوية

2. تجويف الفم Buccal cavity (stoma)

يصل هذا التجويف بين فتحة الفم والمريء. ويختلف كثيراً حجمه وشكله وتركيبه الداخلي بين الأنواع المختلفة من النيماتودا، وهذا الإختلاف يعكس طبيعة التغذية في النيماتودا، فنجد مثلاً نيماتودا *Rhabdits* تعيش حرة في التربة وتتغذى على التربة لذا نجد ان تجويف الفم ضيق نسبياً

ذو تبطين ناعم. بينما يتحور تجويف الفم في نيماتودا النبات الى تركيب خاص صلب عبارة عن رمح Stylet مجوف لإختراق انسجة النبات وحقن العصارة الهاضمة وامتصاص العصارة النباتية.



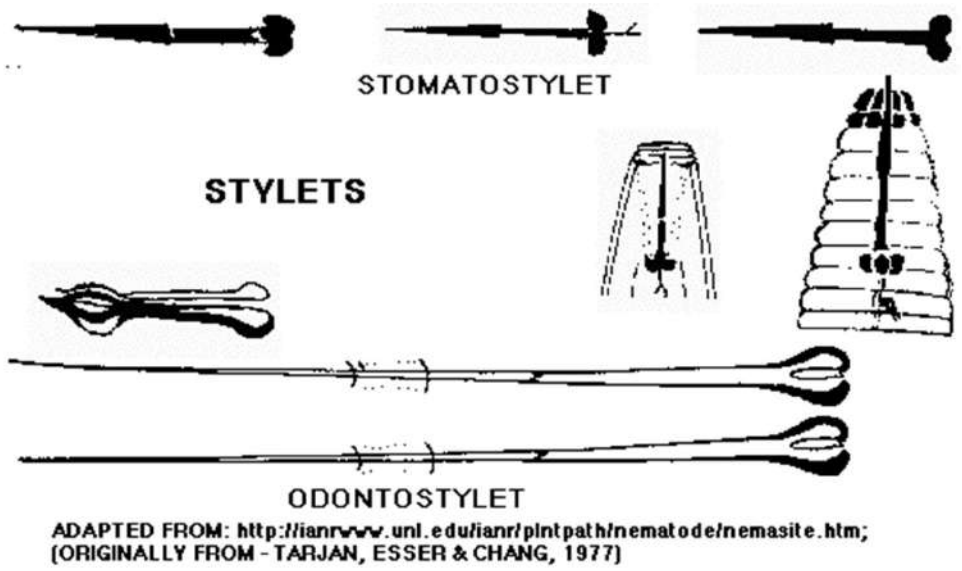
رسم تخطيطي يوضح الاختلاف في حجم تجويف الفم وشكله.

3-الرمح Stylet (Spear)

تتميز جميع انواع نيماتودا النبات بإمتلاكها رمحاً مجوفاً في منطقة الرأس، تستطيع من خلاله اختراق انسجة العائل وامتصاص العصارة النباتية ويمكن تمييز نوعين من الرمح في نيماتودا النبات وذلك بحسب نشأته وشكله.

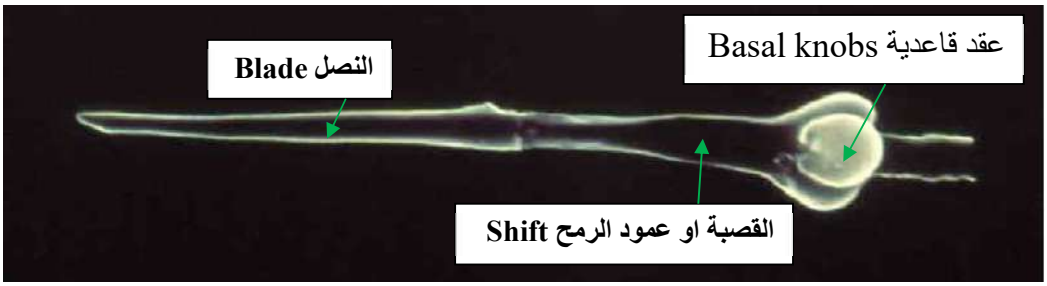
أ. **الرمح المسماري Stomato Stylet :** وينشأ من اندماج الجدر المتصلبة لتجويف الفم كما في تحت رتبة Tylenchina.

ب. **الرمح السني Odonto stylet** : يتكون من جزأين الجزء الأمامي Stylet وينشئ بواسطة خلية خاصة في جدار الجزء الأمامي للمريء في مرحلة ما بعد التطور الجنيني ويسمى هذا الجزء Odontostyle او Onchiostyle بينما ينشأ الجزء الخلفي من من الجدر الداخلية المبطنة للمريء ويسمى هذا الجزء ondontostylet extention والرمح السني عادة طويل نسبيا ذو شكل ابري في جزئه الأمامي كما في الجنس *Xiphinema* وله تجويف ضيق جداً.



ويتكون الرمح بصورة عامة من ثلاث اجزاء رئيسية:

1. جزء امامي مخروطي الشكل Conical part ويسمى عادة بالنصل Blade.
2. جزء وسطي يسمى القصبة او عمود الرمح Shift.
3. عقد قاعدية Basal knobs وهي تتكون من ثلاث عقد اثنان تحت بطنيتان والثالثة ظهرية.



4. المريء Oesophagus

وهو عضو عضلي غدي يعمل كمضخة دافعة ماصة يصل ما بين تجويف الفم والأمعاء.

تجويف المريء عادة مبطن بالكيوتكل وهذا التجويف عادة مايكون شعاعيا ثلاثيا Triradiate lumen يختلف المريء كثيرا في شكله الخارجي وتركيبه الداخلي في الأنواع المختلفة من النيماتودا ويعد ذلك ميزة تصنيفية مهمة.

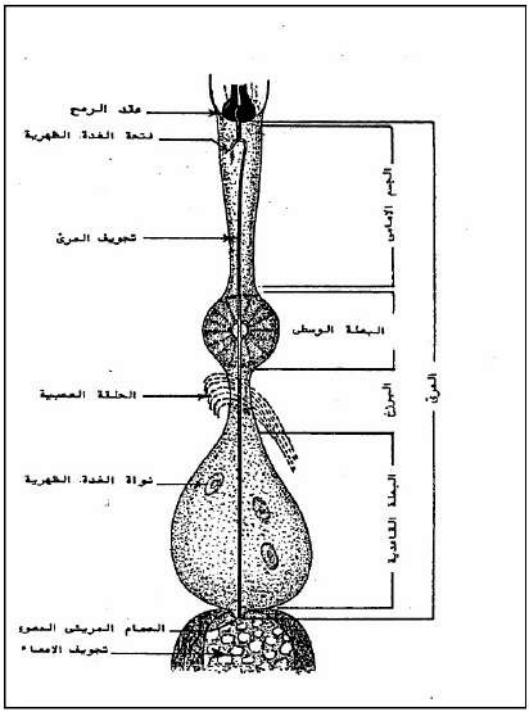
يتكون المريء من ثلاث اجزاء رئيسية هي:

أ. الجسم Corpus وهو ذو شكل اسطواني في مقدمته ينتهي بأنتفاخ على شكل بصلة ويقسم الى:

1. جسم امامي (المريء الأمامي) Procorpus يتخذ شكلاً اسطوانياً وخالي من العضلات.
2. جسم خلفي (المريء الأوسط) Metacorpus يكون على شكل بصلة لذلك يسمى بالبصلة الوسطى Median bulb تحتوي على صمام متصلب وعضلات شعاعية

ب. البرزخ Isthmus وهو جزء اسطواني الشكل ضيق يصل مابين البصلة الوسطى والبصلة القاعدية ويحاط بالحلقة العصبية.

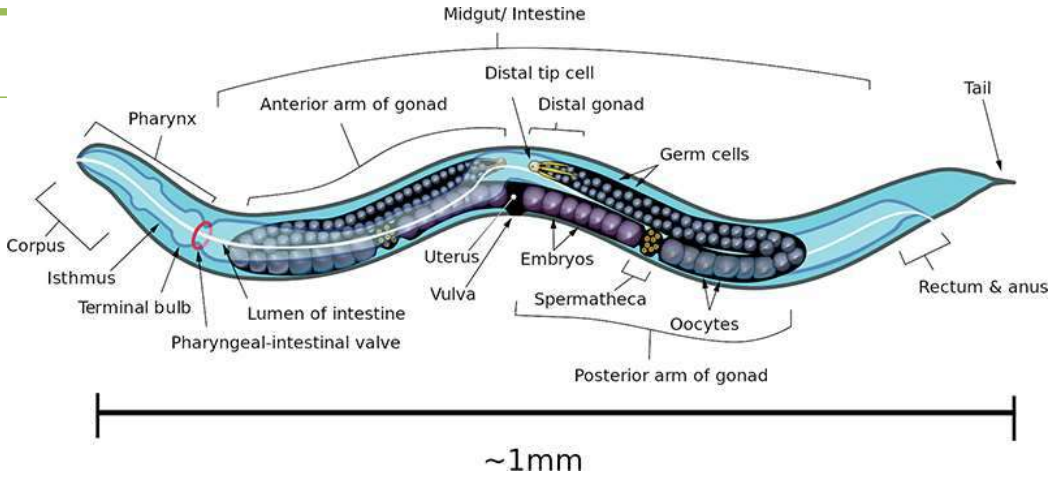
ج. البصلة القاعدية Basal bulb وهي منطقة غدية تضم غدد المريء التي تفرز العصارات الهاضمة حيث يوجد على الأقل ثلاث غدد واحدة ظهرية واثنتان تحت بطنيتان تصب الغدة الظهرية عن طريق قناة رئيسية بالقرب من الطرف الأمامي للمريء بواسطة فتحة قناة الغدة الظهرية Dorsal esophageal gland opening (DEGO) بينما تصب الغدتان تحت البطنيتان في الجزء الخلفي من البصلة الوسطى، يتصل المريء بالأمعاء بالصمام المريئي المعوي Cardia الذي يقع بين نهاية البصلة القاعدية للمريء وبداية الأمعاء. وهذا الصمام شعاعي ثلاثي مبطن بالكيوتكل يعمل على منع رجوع الغذاء من الأمعاء الى المريء.

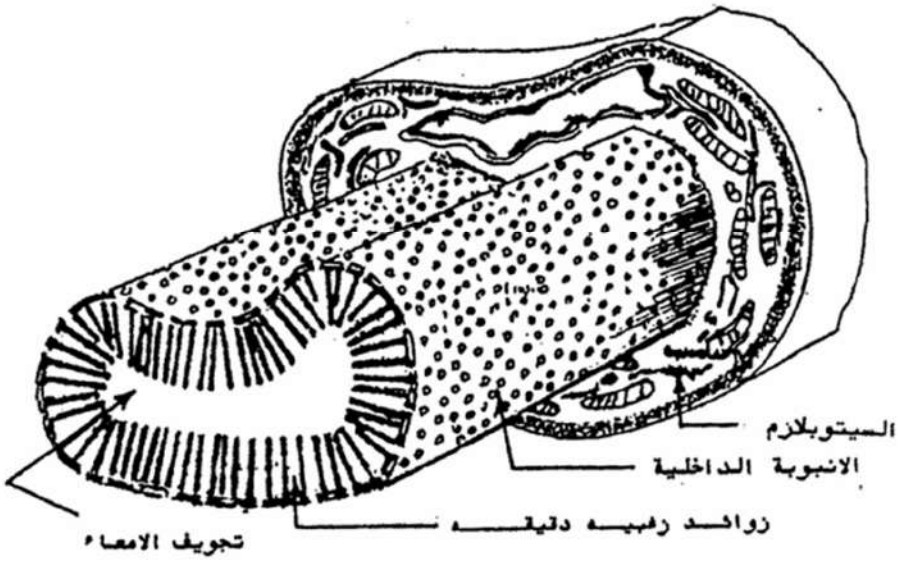


الشكل النموذجي للمريء في رتبة Tytenchida وأجزاؤه المختلفة.

ثانياً: القناة الهضمية الوسطى Midgut

وتمثلها الأمعاء التي عادة تكون على شكل انبوبة مستطيلة بسيطة التركيب، يتألف جدار الأمعاء من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية يبرز من اسطحها الداخلية بروزات سايتوبلازمية تشبه في مظهرها الأهداب تعمل على زيادة سطوح الإمتصاص ووظيفة الأمعاء الأساسية هي هضم الغذاء وامتصاصه وتخزينه.



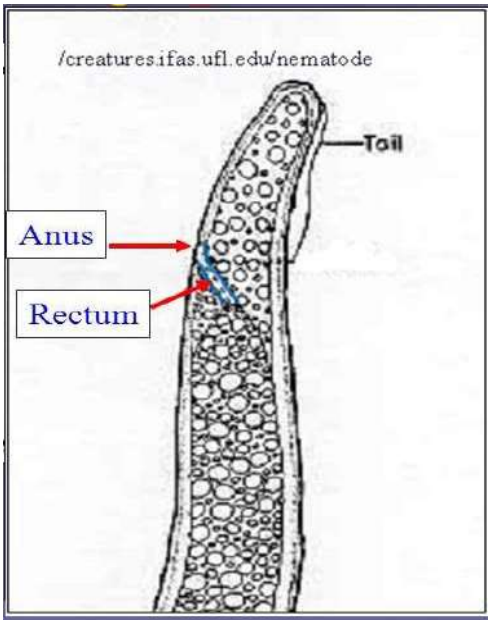


شكل يبين قطاع عرضي في أمعاء أحد أنواع النيماتودا، يوضح تجويف الأمعاء والبروزات السيتوبلازمية الداخلية على شكل زوائد زغبيه دقيقة تشبه الأهداب، وذلك لزيادة سطح الامتصاص.

ثالثاً: القناة الهضمية الخلفية Hindgut

تتصل نهاية الأمعاء في الأنثى بالمستقيم Rectum بواسطة الصمام المعوي المستقيمي Intestinal-rectal valve وهوصمام عضلي وحيد الخلية، والمستقيم عبارة عن انبوبة قصيرة منضغطة من الجهتين الظهرية والبطنية ومبطن بالكيوتكل وينتهي في الأنثى بفتحة الشرج Anus وهي عبارة عن شق عرضي في الجهة البطنية من مؤخرة الجسم ويتحكم في فتحها عضلة وحيدة الخلية، اما في الذكرفإن نهاية الأمعاء تتصل بنهاية الجهاز التناسلي لتشكل مايسمى بالمجمع

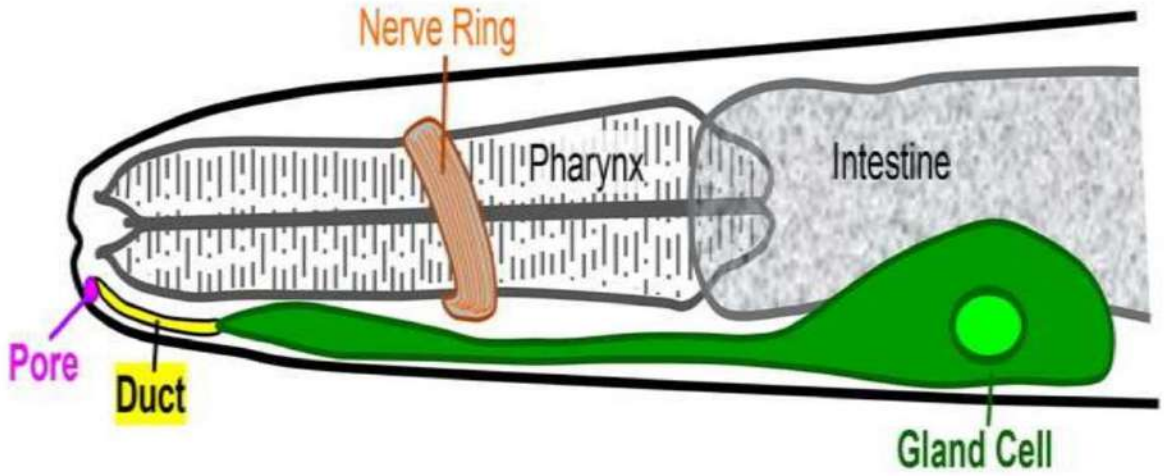
Cloaca وتقع منطقة الأتصال هذه في معظم نيماتودا النبات عند الصمام المعوي- المستقيمي او بعده مباشرة وبذلك تتحور القناة الهضمية الخلفية الى المجمع ويفتح المجمع الى الخارج بفتحة المجمع وهي فتحة مشتركة للجهازين الهضمي والتناسلي.



الجهاز العصبي Nervous system

يتألف الجهاز العصبي في ابسط صوره من الحلقة العصبي Nerve ring وعدد من الحبال العصبية الطولية Longitudinal nerve بالإضافة الى عدد من اعضاء الحس التي تنتشر في انحاء الجسم المختلفة وخاصة في منطقتي الرأس ومؤخرة الجسم، تمثل الحلقة العصبية الجهاز العصبي المركزي إذ تشكل الجزء الأساسي من الجهاز العصبي وتتكون هذه العقدة من مجموعة من الألياف العصبية Nerve fiber والعقدة العصبية Ganglia المصاحبة لها، وتحيط الحلقة العصبية في المريء في منطقة البرزخ ويمتد منها ستة اعصاب طولية أمامية تسمى بالأعصاب الرأسية Papillary nerves لتغذي اعصاب الحس في منطقة الرأس التي تشمل الحلمات والأشواك الشفوية Papillae and Cetae ويمتد امامياً عصبان امفيديان لتغذية زوج من الأعضاء الأمفيدية في منطقة الرأس كما يمتد ايضاً من الحلقة العصبية عدد من اعصاب طولية خلفية من اهمها العصبان الظهري والبطني لتغذية اعضاء الحس في الجزء الخلفي من جسم النيماتودا. تتركز اعضاء الحس في مقدمة ومؤخرة جسم النيماتودا لتساعدها في التعرف على التغيرات المحيطية الخارجية إذ تتصل هذه الأعضاء بالجهاز العصبي بألياف عصبية.

Excretory system الجهاز الإخراجي



الجهاز الإخراجي Excretory system

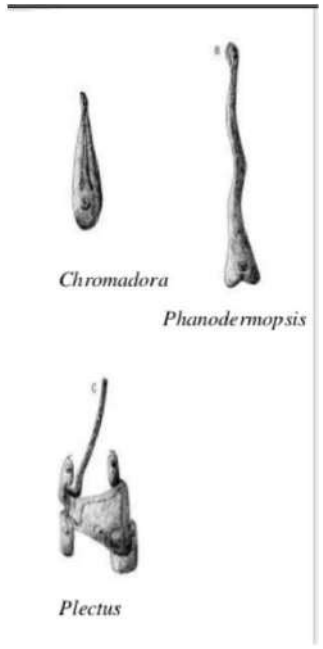
يختلف للجهاز الإخراجي في أنواع النيماتودا المختلفة فقد يكون بسيط او غائباً تماماً في بعضها او مختزلاً بدرجة كبيرة في البعض الأخر. وقد يعتبر ذلك نوعاً من التأقلم في الوسط الذي تعيش فيه، الا ان الفتحة الإخراجية تبقى موجودة رغم غياب الجهاز الإخراجي. ويتميز الجهاز الإخراجي في النيماتودا بغياب الخلايا اللهبية Flame cells والأهداب Cillia التي تميز الأجهزة الاخراجية في الكئنات الحية الاخرى.

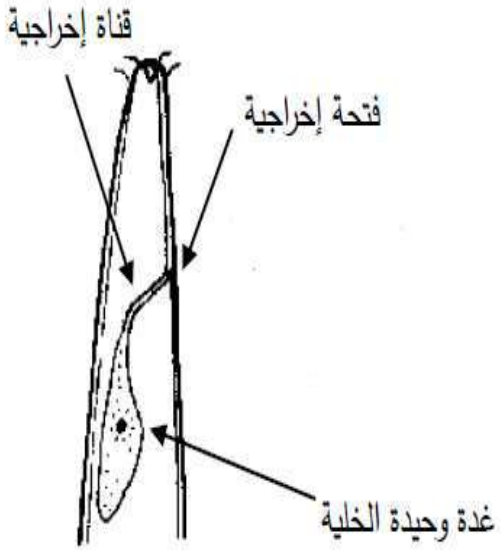
وتشير الأبحاث ان وظيفة الجهاز الاخراجي في النيماتودا هي تنظيم الضغط الاسموزي لسوائل الجسم او التخلص من نواتج التمثيل الغذائي ام كليهما معا. اذ يعمل على تجميع المواد التي يريد الجسم التخلص منها وافرازها للخارج عن طريق قنواته وفتحته الإخراجية الموجودة في الجهة البطنية للنصف الأمامي من الجسم.

ويوجد نوعين من الجهاز الإخراجي في النيماتودا:

1- الجهاز الإخراجي الغدي Glandular type

يتكون من غدة إخراجية Excretory gland وحيدة الخلية (الشكل 1)، تقع في تجويف الجسم بالقرب من منطقة المريء ويمتد منها قناة إخراجية يختلف طولها حسب نوع النيماتودا، وينتفخ الجزء الأمامي من هذه القناة على شكل حوصلة صغيرة تنتهي بالفتحة الإخراجية في الجهة البطنية من الجسم بالقرب من الحلقة العصبية. يوجد هذا الجهاز في طائفة Class: Adeniophorea او ما تعرف بـ (**Aphasmidia**)





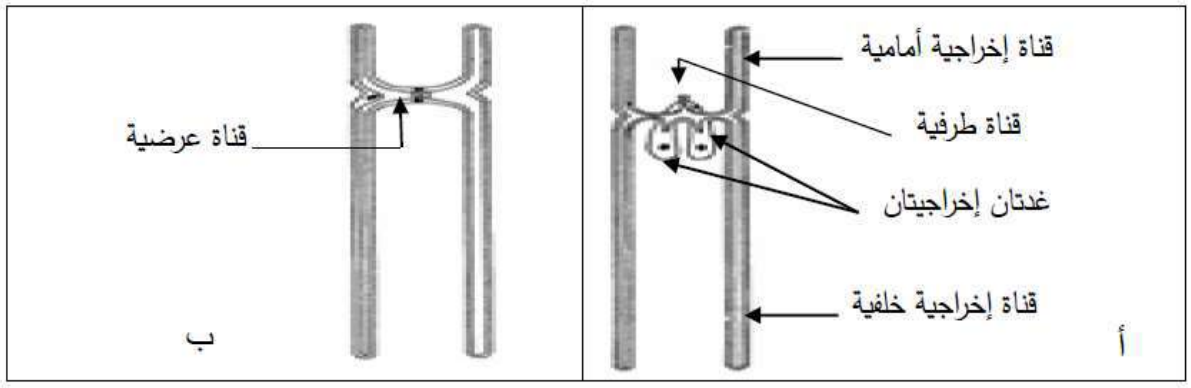
شكل (1): جهاز إخراجي غدي

2- الجهاز الإخراجي الأنبوبي

يوجد في طائفة سيسرنينتيا Class: secernentea ويتخذ عدة أشكال، منها:

أ- على شكل حرف "ايتش" بالإنجليزية H يتميز بوجود قناتين إخراجيتين طويلتين تمتدان جانبيا داخل الحبال الجانبية في منطقة الهيبوديرمس وتتصلان في الجهة الأمامية من الجسم بواسطة قناة عرضية من الجهة البطنية، ومنها تخرج قناة طرفية تفتح في الفتحة الإخراجية. ويوجد منه شكلان:

- قد يتصل بالقناة العرضية غدتان إخراجيتان ويعرف هذا النوع باسم "رابدي تويد" Rhabditoid (شكل 2أ).
- وقد لا يتصل بالقناة العرضية أي غدة ويعرف هذا النوع باسم أوكسيو رويد Oxyuroid (شكل 2ب).

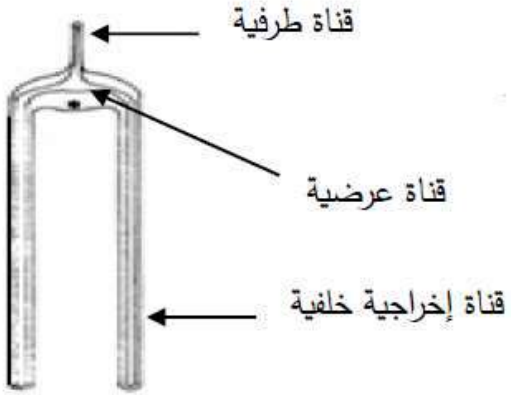


شكل (2): جهاز إخراجي أنبوبي على شكل حرف "ايتش" H.

ب- على شكل حرف "U" بالانجليزية مقلوب n

يختزل أو يغيب الجزء الأمامي من القناتين الجانبيتين أمام القناة العرضية ويعرف هذا النوع باسم

سيفالوبويد Cephaloboid (شكل 3).



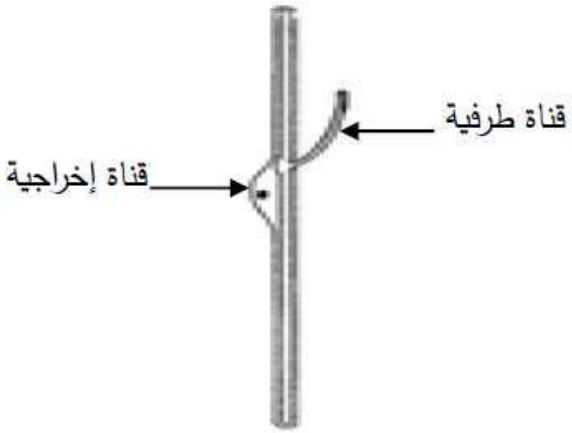
شكل (3)

ج- على شكل قناة إخراجية واحدة جانبية

تمتد هذه القناة في أحد الحبال الجانبية أو في تجويف الجسم، وتمتلك قناة طرفية متطورة ويعرف هذا النوع باسم

تيلينكويد Tylenchoid نسبة إلى رتبة

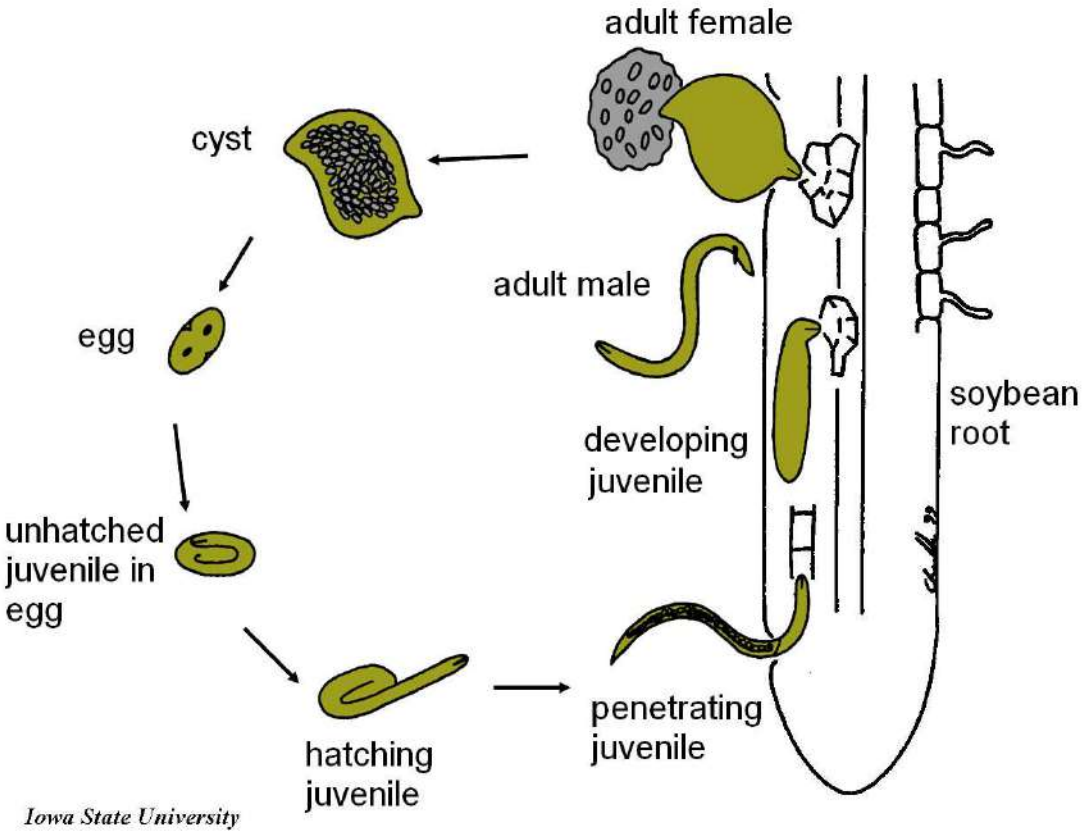
تيلينكيد Order Tylenchida (شكل 4).

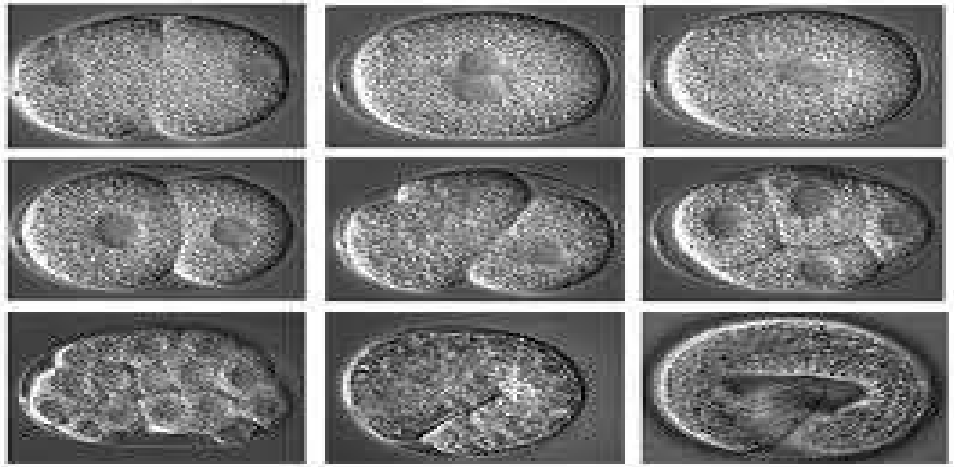


شكل (4)

ويعتمد التقسيم لشعبة النيماتودا Phylum: Nematoda الى طائفتين رئيستين: طائفة Class: Secernentea وطائفة Class: Adenophorea على نوع الجهاز الاخراجي. ففي الطائفة الاولى يكون الجهاز الاخراجي من النوع الانبوبي Tublar، بينما يكون في الطائفة الثانية من النوع الغدي Glandularالابسط تركيبا.

دورة الحياة Life cycle





دورة الحياة Life cycle

تتكون دورة الحياة في جميع انواع النيماتودا من ستة اطوار هي البيضة واربع اطوار (يافعات Juveniles) ثم الطور البالغ، يتخلل دورة الحياة اربع انسلاخات انسلاخ يلي كل طور يافعي حتى البلوغ ويمكن تلخيص دورة الحياة في نيماتودا النبات على النحو التالي:

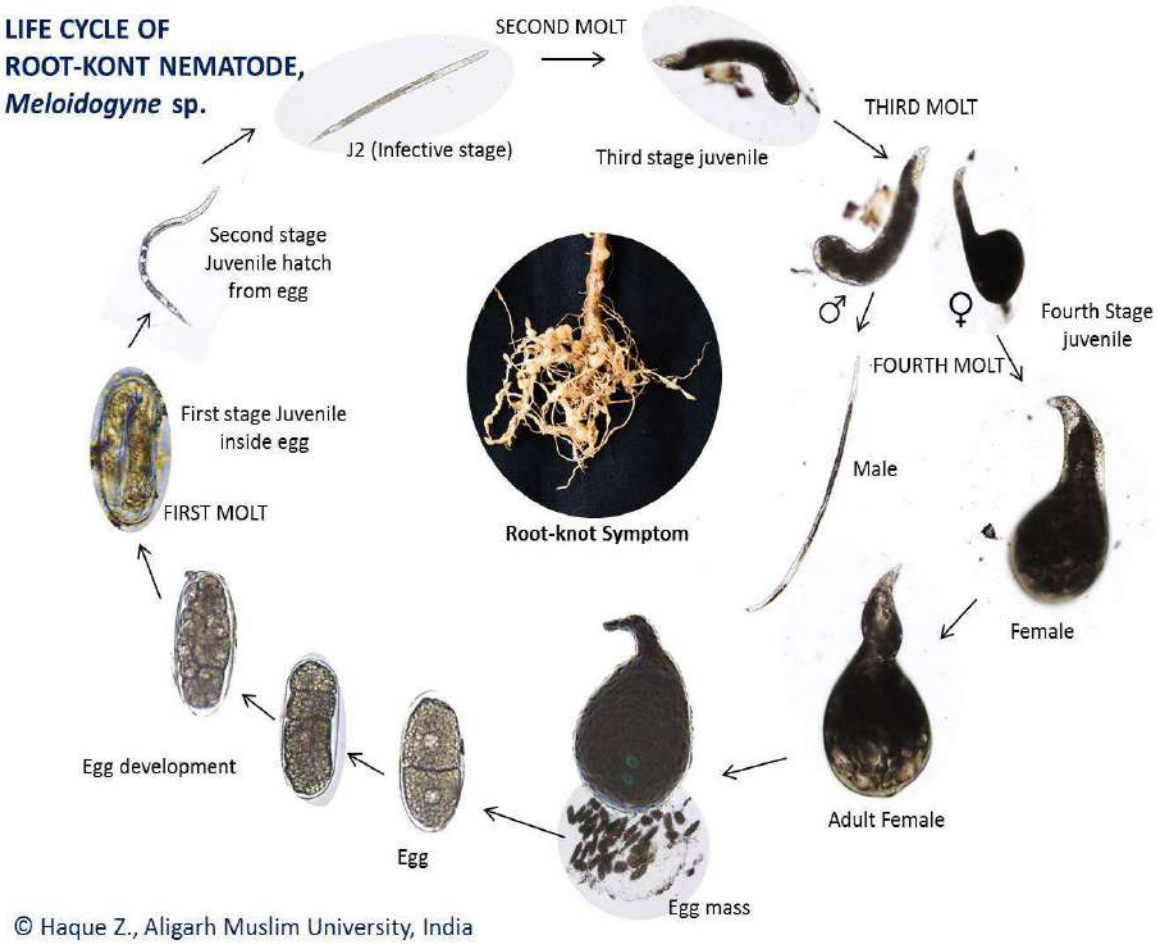
يتطور الجنين داخل البيضة خلال عملية التطور الجنيني حيث تحدث سلسلة من الانقسامات غير المباشرة الى خليتين ثم 4 و 8 و 16 و 32 خلية والخلية مملوءة بمواد حبيبية ضرورية لتطور اليافعات بعدها يتشكل الطور الجنيني التي تدب به الحركة يافعات الطور الأول J1

بعدها يحث انسلاخ له داخل البيضة فيتكون يافعات الطور الثاني J2 وهو الطور الضار القادر على احداث الأصابة يتحرك بنشاط في التربة باحثاً عن عائله النباتي واثناء التغذية داخلياً او خارجيا على انسجة النبات يزداد حجمه وبعد فترة يحدث الإنسلاخ الثاني ثم الثالث فيتكون يافعات الطور الثالث ثم الرابع بالتتابع وفي النهاية تدخل يافعات الطور الرابع في عملية انسلاخ رابعة ليتكون الطور البالغ ذكراً او انثى.

تعتمد طول فترة الحياة من البيض الى البيض على عدة عوامل هي

- درجة الحرارة.
- الرطوبة النسبية.
- نوع النيماتودا.
- العائل النباتي.

يزداد طول الدورة في الظروف الباردة وفي الفصول الجافة يبلغ متوسط دورة الحياة في نيماتودا البراعم والأوراق *Aphelenchoides* مثلاً 14 يوم، بينما يكون 50 يوماً في نيماتودا الحمضيات.



الشكل يوضح دورة حياة نيماتودا تعقد الجذور على النبات

طرق التكاثرModes of reproduction

هناك عدة طرق للتكاثر هي

الإخصاب الخلطي Amphimixis -: يتم هذا النوع من الإخصاب في معظم نيماتودا النبات التي تتميز بوجود عدد متساو من الذكور والإناث تقريباً. وفي هذه الحالة لابد من عميلة السفاد بين الجنسين لأخصاب البيض بحيوانات منوية كما في الجنس *Tylenchulus* و *Hoplolaimus* .

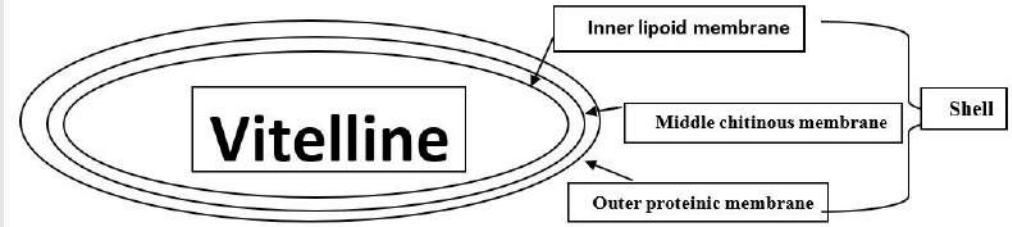
التكاثر البكري Parthenogenesis reproduction:- تستغني الإناث في هذه الحالة عن الذكور إذ لاحاجة للحيوانات المنوية لإخصاب البيض ثم تطوره الى جنين، والتكاثر البكري (العذري) اما ان يكون لضرورة تلجأ اليها الأنثى عند قلة عدد الذكور، كما في بعض انواع نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* ونيماتودا الحوصلات *Heterodera* .

الإخصاب الذاتي Self- fertilization -: يحدث هذا الإخصاب في حالة النيماتودا الخنثى حيث تقوم الغدد الجنسية في النيماتودا إنتاج الحيوانات المنوية اولاً وتخزينها في القابلة المنوية ومن ثم انتاج البويضات عن طريق الغدد الجنسية نفسها ليتم بعد ذلك إخصاب البويضات مثل نيماتودا *Helicotylenchus digonicus*وبعض انواع النيماتودا المترممة.

الأخصاب الكاذب Pseudogamy:- هو نوع نادر من الأخصاب ويعتبره البعض مرحلة وسطية في التطور الى التكاثر البكري. يحدث في النيماتودا التي تتكاثر بالأخصاب الخلطي وكذلك الخنثى كما في نيماتودا *Rhabiditis abberrans* وبالرغم من ان الحيوان المنوي ضروري لتنشيط البويضة ودفعها للإنقسام الا انه ليس له دور في تطور الجنين والمشاركة في تركيبه الوراثي إذ لا يحدث اي اندماج بين نواتي الحيوان المنوي والبويضة.

مكونات البيضة

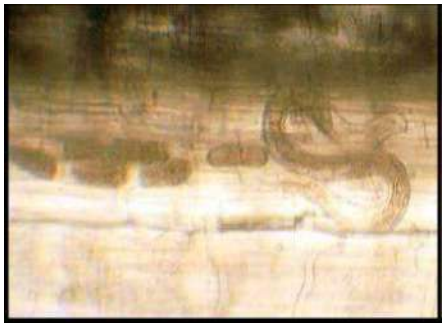
بيض النيماتودا متطاول الشكل مجهري الحجم مغلف بطبقتين الأولى من الخارج عبارة عن طبقة كايتينية تعرف بالقشرة Shell وتتكون بصورة رئيسية من 50% بروتين و 30% كايتين و دهون والأخرى من الداخل دهنية غشائية Lipid membraneتسمى المح Vitellineوعند اكتمال تكوين قشرة البيضة Shellلوحظ انها تتكون من 3 أغشية وهي من الداخل الى الخارج الغشاء الداخلي الدهني Inner lipoid membrane (yolk) والغشاء الوسطي هو الغشاء الكايتيني Middle chitinous membrane والغشاء الخارجي البروتيني Outer proteinic membraneيتكون الغشاء الداخلي الدهني والوسطي الكايتيني من خلية البيضة نفسها بينما يفرز الغشاء الخارجي البروتيني من الرحم ونلاحظ انه في بعض مجاميع النيماتودا تكون الاخيرة غائبة مثل Tylenchida.



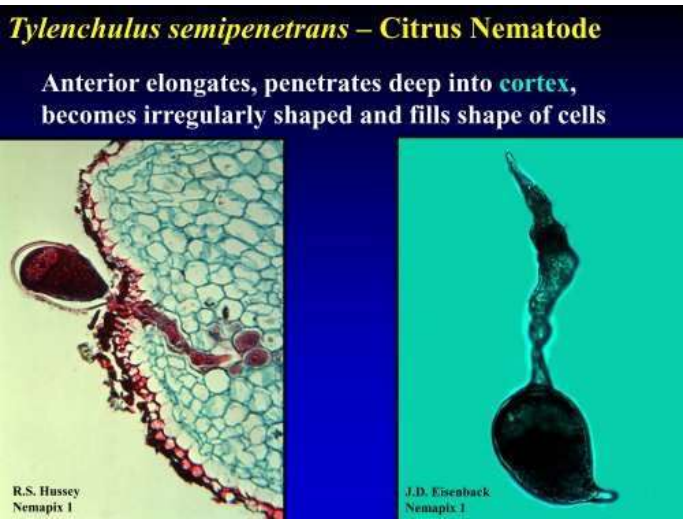
طرق وضع البيض Egg laying

يتم وضع البيض بعدة طرق تختلف بأختلاف النيماتودا وطبيعة تطفلها ومن هذه الطرق:

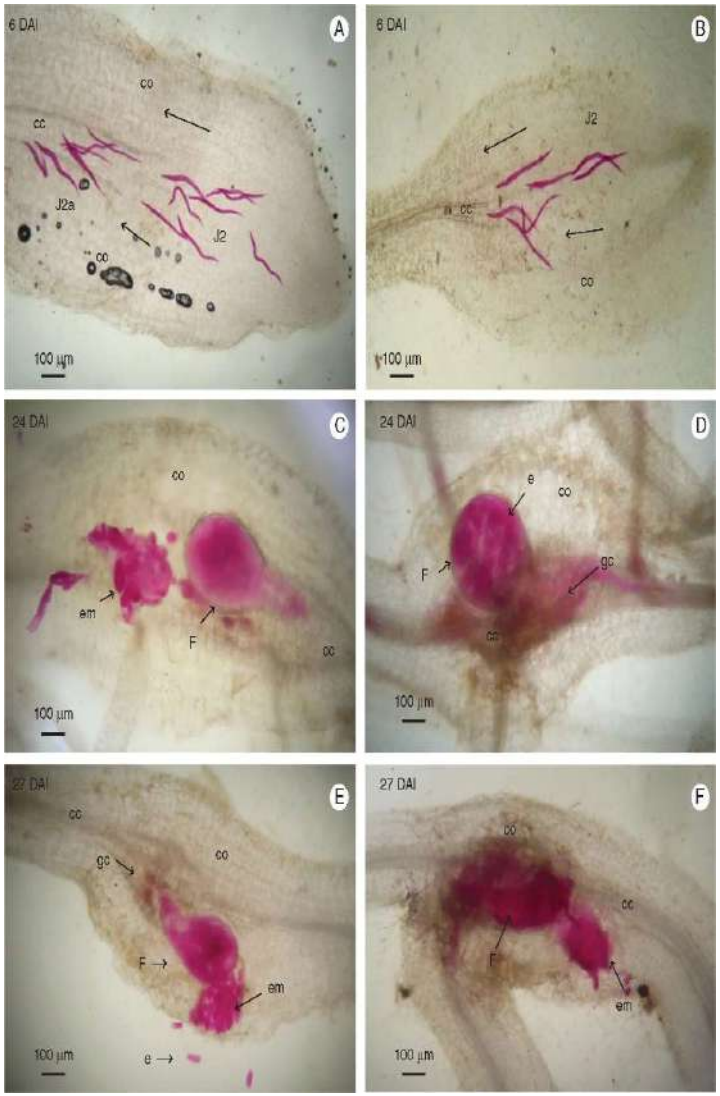
•وضع البيض فردياً في التربة كما في نيماتودا الخنجرية Dagger nematode الجنس *Xiphinema* .



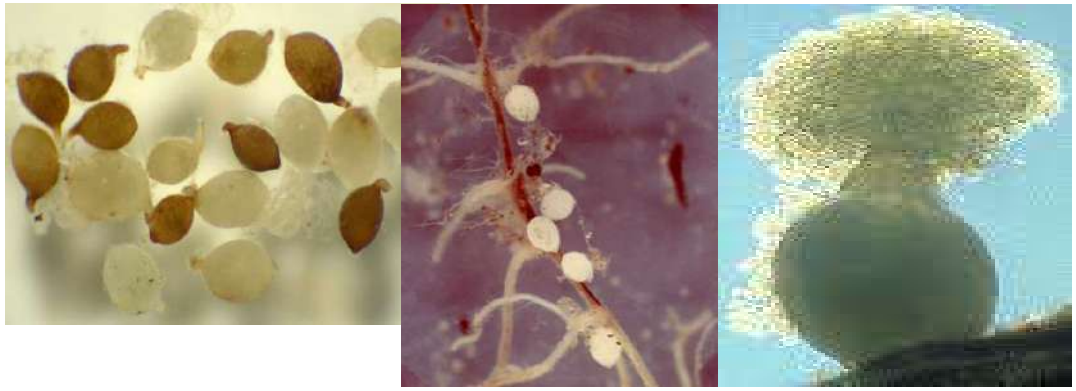
•وضع البيض فردياً في نسيج العائل كما في نيماتودا *Pratylenchus* .



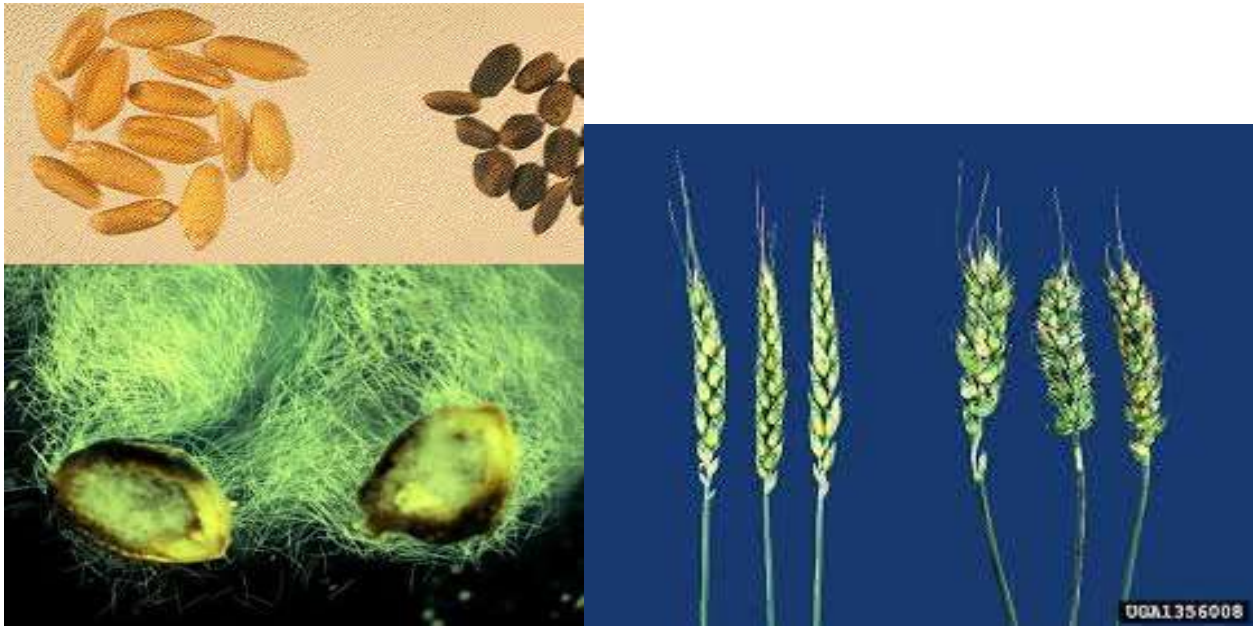
وضع البيض في كتل جيلاتينية خارج نسيج العائل كما في النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* و نيماتودا الحمضيات *Tylenchulus semipenetrans*.



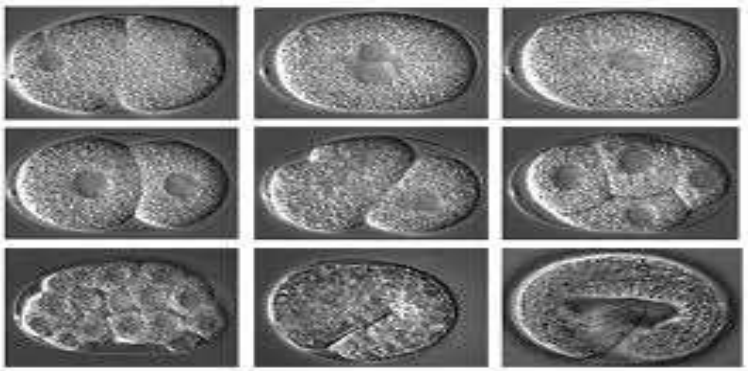
وضع البيض في كتل جيلاتينية داخل نسيج العائل مثل نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne*.



•الأحتفاظ بالبيض داخل الحوصلات كما في نيماتودا *Heterodera* و *Globodera* .



•وضع البيض في مبايض الأزهار كما في نيماتودا *Anguina tritici* .



1. ميكانكية (ألية) الفقس

تفقس بيوض النيماتودا بعد نضجها واكتمال تطورها الجنيني ويجري ذلك عن طريق الية تقررها وتتحكم فيها مجموعة من العوامل الداخلية والخارجية فبالنسبة للعوامل الداخلية تبدأ اليافعة بالشروع في عملية الفقس بإفراز انزيمات هاضمة تعمل على جعل قشرة البيضة طرية مرنة وتزداد نفاذيتها للماء مصحوبا بزيادة المحتوى المائي لليافعة وبالتالي زيادة نشاطها وافراز انزيمات الفقس بعد ذلك تبدأ بحركات ضاغطة سريعة تمزق الطبقة الدهنية الداخلية للقشرة وتوجه الرمح الى قشرة البيضة بواسطة دفع الرمح في حركات ترددية سريعة وفي نقاط متجاورة جهة احد أقطابها وعلى هيئة خط مستقيم يسمح بإحداث شق فيها لاحقا تخرج اليافعة من قشرة البيضة مستعينة ايضا بالضغط الفيزيائي الجسدي الذي تمارسه على السطح الداخلي للقشرة لتوسيع فتحة الخروج والانطلاق للخارج ،

اما بالنسبة للعوامل الخارجية التي تتحكم في فقس البيض فتتضمن توفر الظروف الجوية المناسبة لها واهمها الحرارة والرطوبة وتوفر الاوكسجين بالإضافة الى بعض محفزات الفقس stimuli التي تفرزها العوائل النباتية والتي من اهمها معامل الفقس Hatching factor ويمكن تعريفه هو مادة كيميائية تفرزها جذور العائل المناسب لتنبيه اليافعة داخل البيضة لتقوم بعملية الفقس وتتباين منبهات الفقس في النيماتودا المختلفة وقد تم استخلاص مادة عامل الفقس لنيماتودا الحوصلات فول الصويا من جذور الفاصوليا وسميت باسم Glycinoeclepin نسبة الى تركيبها الكيميائي.

بعض الوظائف الحيوية في النيماتود

الحركة Locomotion

توجد اربع انواع من الحركة هي:

حركة الدفع التموجية (الحركة الثعبانية) Undulatory propulsion :- وهو الأكثر شيوعاً بين النيماتودا وتنشأ هذه الحركة عن سلسلة من التموجات الظهرية البطنية الناتجة عن انقباض وانبساط الخلايا العضلية.

الحركة شبه الدودية Wave like contractions:- يشبه هذا النوع من الحركة حركة القواقع. يتميز به عدد قليل من النيماتودا وخاصة النيماتودا الحلقية *Criconemoides* وتنتج عن انقباضات وانبساطات متبادلة للخلايا العضلية.

حركة شبه اليرقة Caterpillar- like movement :- وهي تشبه حركة يرقات الحشرات وتتميز به نيماتودا *Descoscolex* التي تتميز بوجود سلسلة من الأشواك اوالزوائد الطويلة تبرز من صفوف حلقات الجسم.

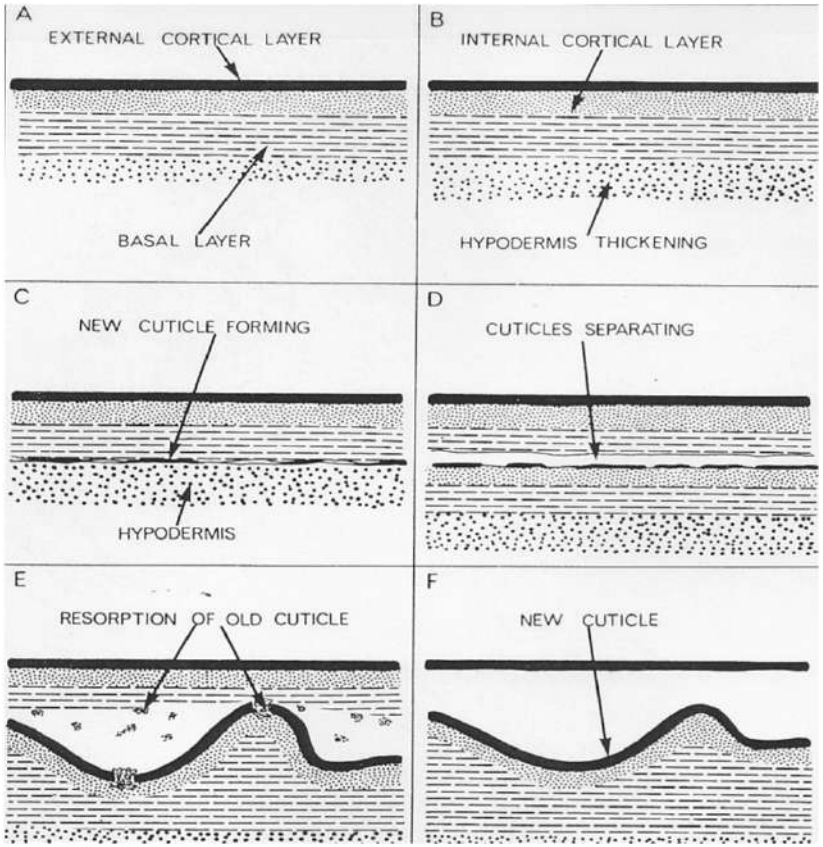
التحلق والقفز Looping or leaping :- نوع من الحركة عن طريق التحلق كما في نيماتودا *Chaetosoma* التي تتميز بوجود عدد قليل من الزوائد المجوفة تقع في الطرف الأمامي للجسم. اما الحركة عن طريق القفز Leaping فقد لوحظ في يرقات نيماتودا *Neoaplactana carpocapi* التي تتحرك عادة بتكوين نوع من جسور الأنتقال بين السطوح البارزة وعندما لا تستطيع تكوين جسر انتقال فإن اليرقة تشكل حلقة ومن ثم تقفز.

ان حركة النيماتودا في النباتية في التربة تتأثر بعوامل هي نوع التربة، درجة الرطوبة، كمية الأوكسجين، درجة الحرارة، سمك الغلاف المائي المحيط بالنيماتودا، جسم النيماتودا والمسافات بين حبيبات التربة.

الانسلاخ Molting

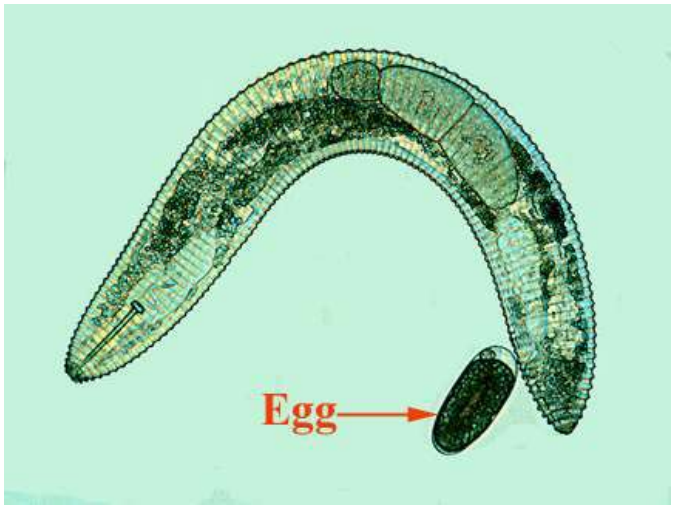
تمر دورة حياة النيماتودا باربعة اطوار متتالية يعقب كل طور عملية انسلاخ الى ان تصل الى الطور البالغ ويقصد بالانسلاخ عبارة عن تكوين طبقة جديدة من الكيوتكل والتخلص من بقايا الكيوتكل القديم وتتم بثلاثة مراحل رئيسية متتالية:

- **مرحلة الانفصال Apolysis :** وفيها يتم انفصال طبقة الكيوتكل القديمة عن طبقة الهيبودرمس وتعتبر هذه المرحلة بداية الطور الجديد وان لم تكتمل عملية الانسلاخ بعد.
- **مرحلة تكوين الكيوتكل الجديد Cuticle Formation:** تقوم بهذه الوظيفة طبقة الهيبودرمس حيث تدخل هذه الطبقة في تغيرات تركيبية وفسيولوجية خلال هذه المرحلة ويبدأ تكوين الكيوتكل الجديد تحت القديم والذي يتميز بانثناءاته المتعددة ليسمح بنمو الطور الجديد بعد عملية الانسلاخ ويلاحظ في هذه المرحلة ازدياد مسافة الانفصال المتكونة في المرحلة السابقة والتي تحتوي على حبيبات يعتقد انها نواتج تحلل الطبقتين الفرعيتين الداخليتين للكيوتكل القديم (طبقتي القشرة الداخلية والالياف) ويتم امتصاص هذه النواتج وتدخل في تركيب الكيوتكل الجديد ، في بعض انواع النيماتودا التي تمتلك طبقة هايبودرمس ضعيفة التطور فان طبقة الخلايا العضلية هي المسؤولة عن تكوين الكيوتكل الجديد.
- **مرحلة اكتمال الانسلاخ Ecdysis** : ويتم في هذه المرحلة اكتمال عملية الانسلاخ وذلك بالتخلص من طبقة القشرة الخارجية للكيوتكل القديم وهي الجزء المتبقي بعد تكوين الكيوتكل الجديد وبعدها يستمر ازدياد سمك الكيوتكل الجديد.



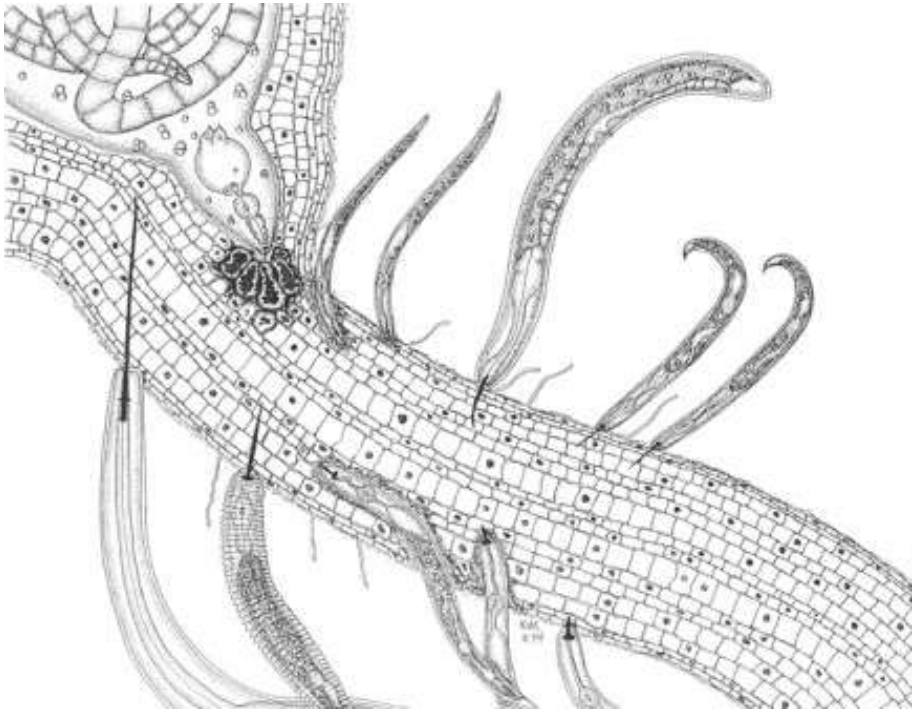
لاشك ان الهرمونات تلعب دورا أساسيا في هذه العملية المعقدة ولازال هناك جدل حول علاقة الانسلاخ بنمو الجسم يعتقد البعض ان عملية الانسلاخ ضرورية لافساح المجال اوسع لنمو النيماتودا في كثير من الأنواع والبعض الاخر يعتقد انه لا يوجد اي ارتباط بين عملية الانسلاخ ونمو النيماتودا فمثلا النيماتودا الكلوية *Rotylenchus reniformis* تنقص بمقدار 17% خلال عملية التطور من الطور الثاني الى طور الإناث غير الناضجة وبمقدار 19% خلال التطور الى الذكور وهذا ما جعل العلماء يحصرون مهمة عملية الانسلاخ بتوفير فرصة لاستبدال وتحوير الكيوتكل القديم وكطريقة للتخلص من كميات النتروجين الزائدة او حتى اعتبار عملية الانسلاخ نوع من بواقي عملية النشوء والتطور التي مرت بها النيماتودا كما يعتقد البعض ان العملية ضرورية لكي تسمح بتخصص وتأقلم كل طور ليقوم بوظيفة معينة فمثلا في نيماتودا تعقد الجذور يكون الطور الثاني قادر على الإصابة بينما تختفي هذه المقدرة في الطورين الثالث والرابع لتعود مقدرة التغذية عند الإناث الكاملة وان عملية الانسلاخ لا تقتصر على الكيوتكل المحيط بالجسم وانما تشمل الكيوتكل المبطن لقنوات المرئ والمستقيم والفتحات الطبيعية لاعضاء الحس والجهاز الاخراجي والتناسلي.

شكر لإصغائكم



المجاميع الرئيسية لنيماتودا النبات

المجموعات الرئيسية لنيماتودا النبات

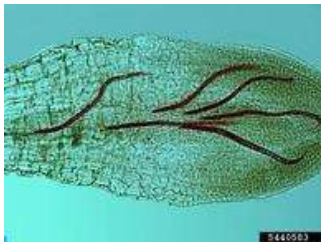


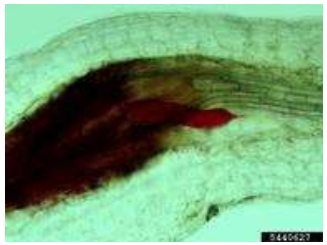
تتطفل معظم نيماتودا النبات على الجذور وتقضي معظم حياتها اما في التربة او الجذور. كما يتطفل البعض الأخر وهو الأقل على الأجزاء النباتية فوق سطح التربة كالسيقان والأوراق والأزهار والبراعم والبذور ويعتمد مكان الإصابة على نوع النيماتودا والعائل النباتي.

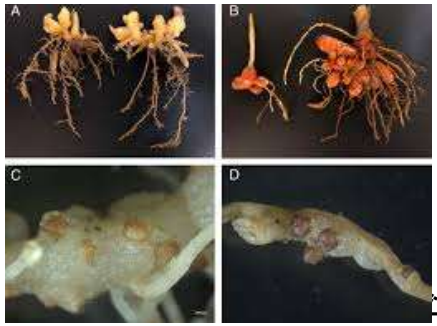
يمكن تقسيم النيماتودا حسب طبيعة تطفلها على النباتات الى مجموعتين رئيسيتين هما :

اولاً: مجموعة النيماتودا المتطفلة على الجذور:

تضم هذه المجموعة معظم النيماتودا المتطفلة على النبات وتكون ذات اهمية اقتصادية، وتقسم وفقاً لطبيعة تطفلها على الجذور الى ما يلي:





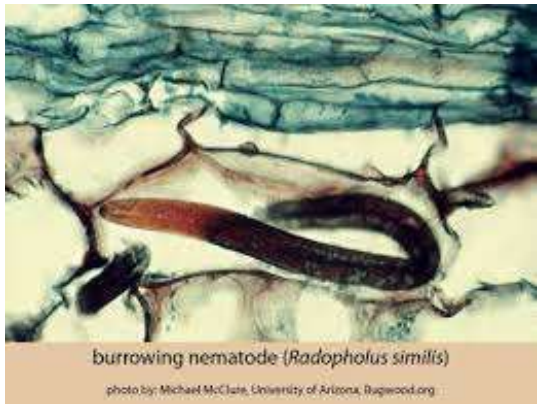


طفيليات داخلية Endoparasites

تخترق النيماتودا الجذور وتتغذى وتتكاثر داخل الجذور وتقسم الى:

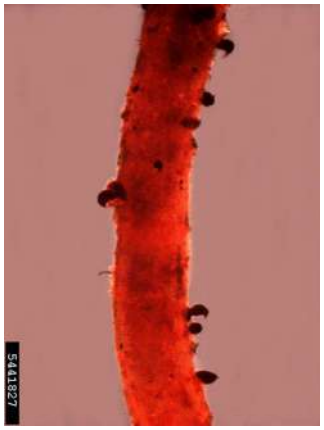
ساكنة Sedentary

تدخل النيماتودا انسجة الجذر وتتطور وتكون موقع تغذية دائم، تفقد الإناث الشكل المغزلي وتنتفخ وبالتالي تفقد الحركة وتبقى ساكنة داخل الجذور طيلة فترة حياتها بينما تحتفظ الذكور بشكلها المغزلي وتخرج الى خارج الجذور مثل *Meloidogyne* و *Heterodera* .



المتجولة Migratory

تمتلك النيماتودا رمحاً قوياً نسبياً، تخترق بواسطته انسجة الجذر بشكل كامل. وتبقى متحركة داخل الجذر وقد تخرج الى التربة لتعود الى داخل الجذر للتغذية والتكاثر وتحتفظ بشكلها المغزلي مثل *Pratylenchus* و *Radopholus*

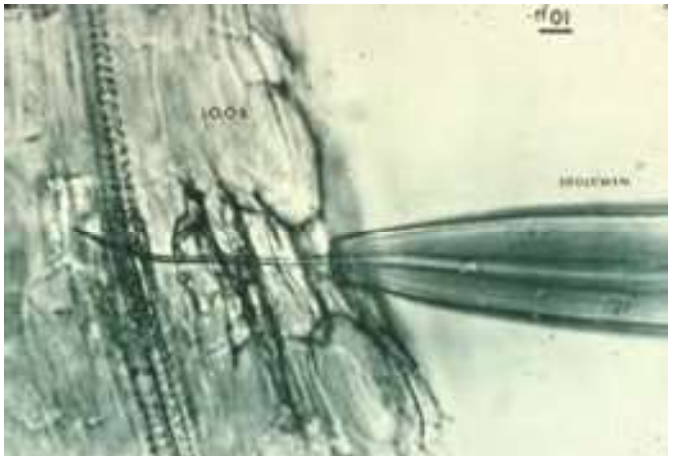


طفيليات شبه داخلية Semi- endoparasites

تخترق النيماتودا الجذر جزئياً فقط وتدفن رأسها والجزء الأمامي من الجسم في انسجة الجذر. تنتفخ النهاية الخلفية للإناث فتصبح كروية او كلوية الشكل ومن ثم تفقد الحركة. تأخذ الذكور الشكل المغزلي وهي صغيرة الحجم وتقل قدرتها على التغذية. ومن الأمثلة عليها *Tylenchulus semipenetrans* و*Rotylenchulus* .

طفيليات شبه داخلية / خارجية Semi endo- ectoparasites

النيماتودا في هذه المجموعة نشيطة ومتجولة لكن عند التغذية فقط تدفن مقدمة جسمها في الجذر (شبه داخلية)، تعد جميع الأطوار (اليافعات والإناث والذكور) متحركة ومتطفلة مثل نيماتودا الحلزونية *Helicotylenchus* والنيماتودا الكلوية *Rotylenchulus*



طفيليات خارجية Ectoparasites

توجد النيماتودا على او حول الجذور من الخارج دون اختراقها وتتغذى بإدخال رمحها فقط الى داخل نسيج الجذر مثل *Trichodorus* و *Longidorus* و *Xiphinema* و *Criconema* .

ثانياً: مجموعة النيماتودا المتطفلة على الأجزاء فوق سطح التربة

تعيش النيماتودا في هذه المجموعة جزءاً من حياتها في التربة لكن عند توفر العائل المناسب تتسلق وتهاجم البادرات الصغيرة النامية ومن ثم تصيب الأجزاء المختلفة من النبات فوق سطح التربة كالسيقان والأوراق والبراعم والأزهار والبذور والثمار حيث تكمل دورة حياتها وتتكاثر في هذه الأجزاء من النبات وتقسم هذه المجموعة حسب طبيعة تطفلها الى ما يلي:

خارجية / داخلية التطفل Ecto- endoparasites

تتغذى النيماتودا بصورة رئيسية على خلايا البشرة للأوراق والسيقان حديثة العمر وكذلك براعم الأزهار ومن الأمثلة على ذلك *Anguina tritici* و *Aphelenchoides* .

داخلية التطفل متجولة Migratory endoparasites

تتغذى النيماتودا في هذه المجموعة متجولة في حرية كاملة داخل انسجة السيقان والأوراق والبذور وبراعم الأزهار ومن الأمثلة عليها مثل نيماتودا السيقان والابصال *Ditylenchus* وبعض انواع *Aphelenchoides* .

التأثيرات الضارة للنيماتودا النباتية

بصورة عامة يمكن ان تسبب النيماتودا ضرراً لعائلها النباتي من خلال واحدة او اكثر من الطرق التالية :

- تغير النيماتودا من فسيولوجية العائل وهذا قد ينتج عنه
- تكون عقد Galls على الجذور او الأجزاء النباتية الأخرى المصابة.
- حدوث تقزم النبات
- تثبط النيماتودا نمو الجذور او تسبب موت لأنسجته او كليهما معاً.
- تحدث النيماتودا خللاً في عملية امتصاص الجذور للماء والعناصر الغذائية، وكذلك في نقلها وتوزيعها في النبات.
- اصابة النبات بالنيماتودا تهيء النبات وتجعله اكثر قابلية للإصابة بالمسببات المرضية الفطرية والبكتيرية.
- تعمل بعض اجناس النيماتودا النباتية على نقل الفايروسات النباتية من نبات مصاب بها الى نبات سليم .
- تؤدي الإصابة بالنيماتودا احياناً إلى كسر صفة المقاومة في الأصناف النباتية المقاومة لبعض المسببات الممرضة الأخرى.
- تثبط النيماتودا تكوين العقد البكتيرية النافعة على جذور البقوليات.
- تثبط النيماتودا نمو وكفاءة عمل فطريات المايكورايزا المفيدة للجذور

ميكانكية التغذية

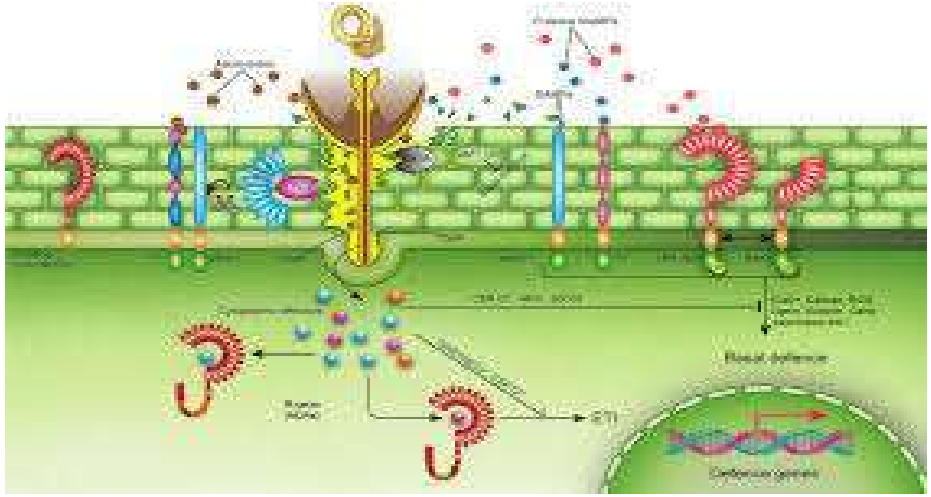
فيما يلي نموذج لميكانيكية تغذية نيماتودا الجذور المتطفلة خارجيا على البشرة الخارجية وتشمل المراحل التالية

(1)استكشاف موقع التغذية Exploration of feeding site: يتم الاستكشاف بتحرك النيماتودا حول منطقة التغذية على الجذور وبتحسس الموقع المناسب بواسطة الشفاه المزودة بعدد من اعضاء الحس وكل ذلك يتم قبل بروز الرمح واستخدامه وتختلف المنطقة المناسبة للتغذية باختلاف النيماتودا فقد تكون بالقرب من المنطقة المرستيمية للجذور او خلفها قليلا او في منطقة الاستطالة او حتى بالقرب من منطقة اتصال الجذر بالساق.

احداث ثقب في جدار الخلية Perforation of cell wall :

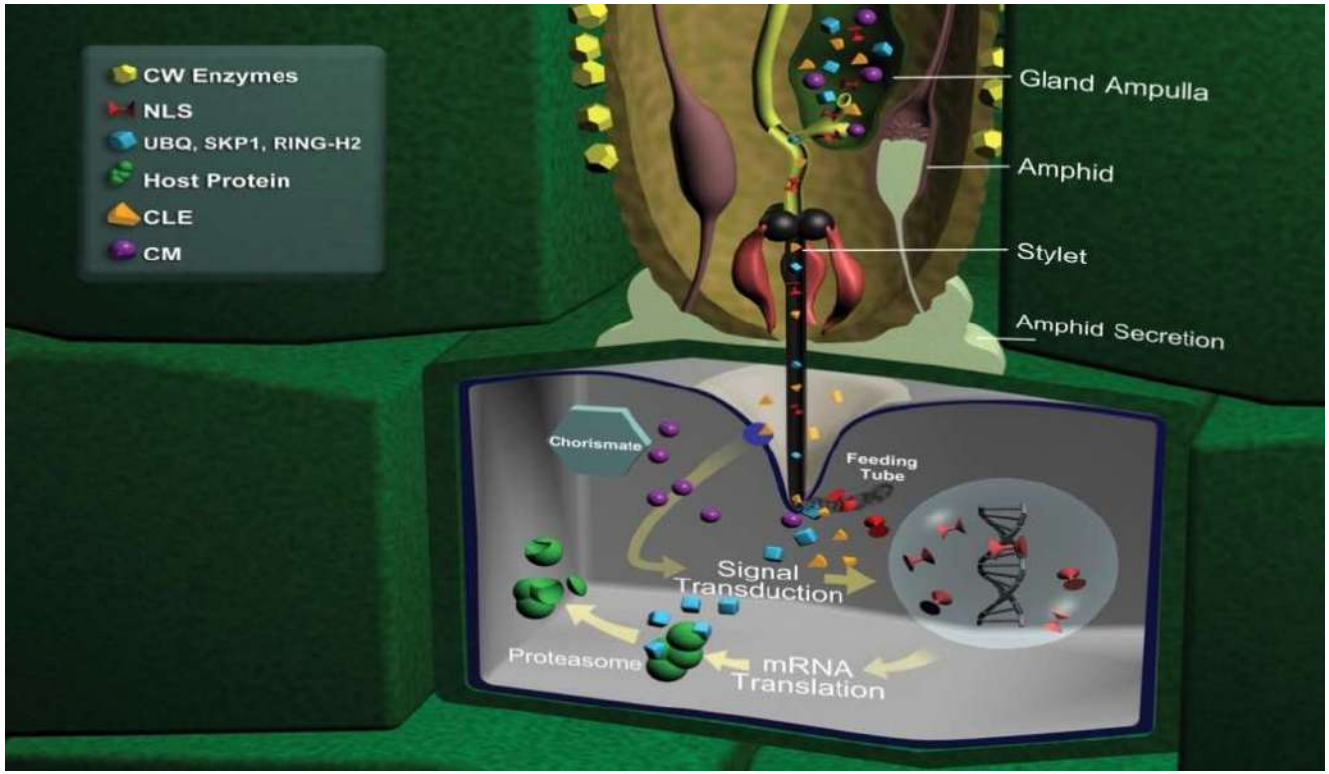
بعد اختيار الموقع المناسب للتغذية تبدأ النيماتودا بلصق الشفاه على سطح جدار الخلية بحيث يصبح الرمح عموديا على جدار الخلية وبمساعدة التصاق الشفاه وارتكاز جسم النيماتودا على حبيبات التربة او سطح الجذر تبدأ النيماتودا بعمل ثقب في جدار الخلية بواسطة حركات ترددية سريعة للرمح وتوجه بعض انواع النيماتودا حركة رمحها الى نقطتين او ثلاث في موقع التغذية حيث تثقب احدهما وتستغرق هذه العملية في نيماتودا تقصف الجذور اقل من دقيقة.

الشكل يوضح اختيار النيماتودا للموقع المناسب للتغذية وتحدث ثقب في النسيج النباتي



(3) افراز العصارات المريئية Salivation: بعد ان يتم عمل فتحة في جدار الخلية تسكن النيماتودا لفترة قصيرة يعتقد انها لتهيئة النيماتودا لافراز عصارتها المريئية وبمساعدة عضلات المرئ تدفع النيماتودا افرازات غدة المرئ الظهرية الى داخل خلية العائل وتعمل هذه الافرازات الانزيمات على زيادة سيولة سايتوبلازم الخلية هضم جزئي خارجي تعمل ايضا على منع اي مواد لاصقة او حبيبية من احداث انسداد لتجويف الرمح وتعتبر هذه اطول المراحل في تغذية نيماتودا تقصف الجذور.

ملاحظة :الإفرازات او عصارات المريء يحتمل أن تحتوى على الإنزيمات التي تسهل نفاية النيماتودا إلى داخل الخلية النباتية و تسبب هذه الافرازات تغيرات فسيولوجية في النسيج الحي وقد جدت إنزيمات الأمايليز والأنفرتيز والسليلوز والكايتينيز والبكتينيز والبيتا جلوكسيديز وتختلف النيماتودا عن بعضها في كمية ونوع الإنزيم المفرز وهذه الإنزيمات تؤثر على جدران الخلايا والأغشية الموجودة بين هذه الخلايا وقد تمنع الانقسام الخلوي في المرستيم أو تعيقه مما يوقف النمو للجذور كما هو الحال في الاصابة بنيماتودا المتطفلة خارجيا على الجذور *Trichodorus christiei*أو تنبه الانقسام الخلوي مما يسبب تعقد الجذور كما في نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.

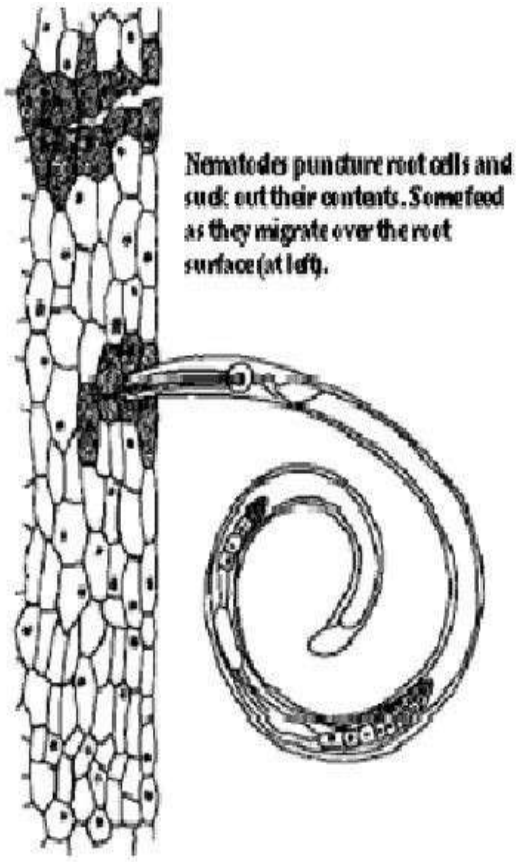


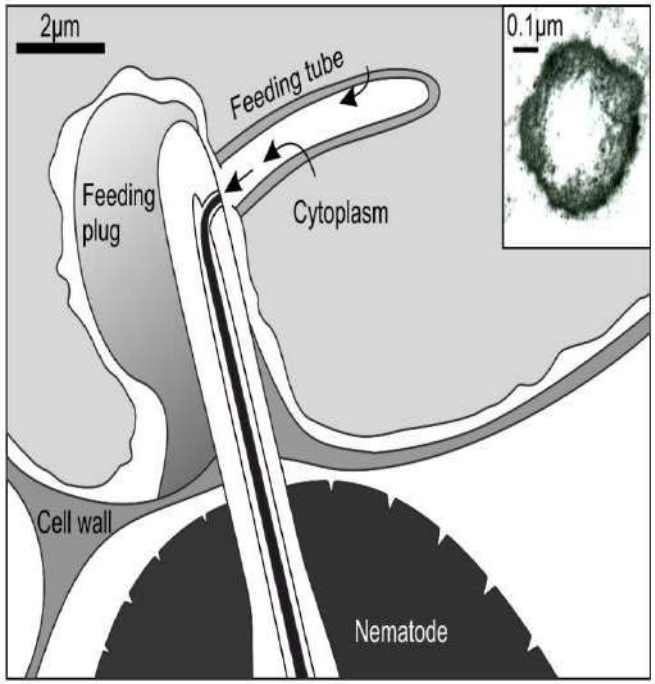
الشكل يوضح عملية سحب الغذاء من الخلية النباتية

امتصاص الغذاء Ingestion of nutrients:

بعد ان يتم عملية تهيئة سايتوبلازم الخلية للامتصاص تزداد حركة الرمح ويبدأ المرئ بعمل انقباضات سريعة 10/ثانية على شكل موجات متعاقبة ومتجهه الى الخلف تعمل امتصاص السايتوبلازم ودفعه للامعاء ويساعد منع رجوع الغذاء الى الامام صمامات المرئ وخاصة الصمام المريئي المعوي وتستغرق هذه المرحلة اقل من 30 ثانية في نيماتودا تقصف الجذور.

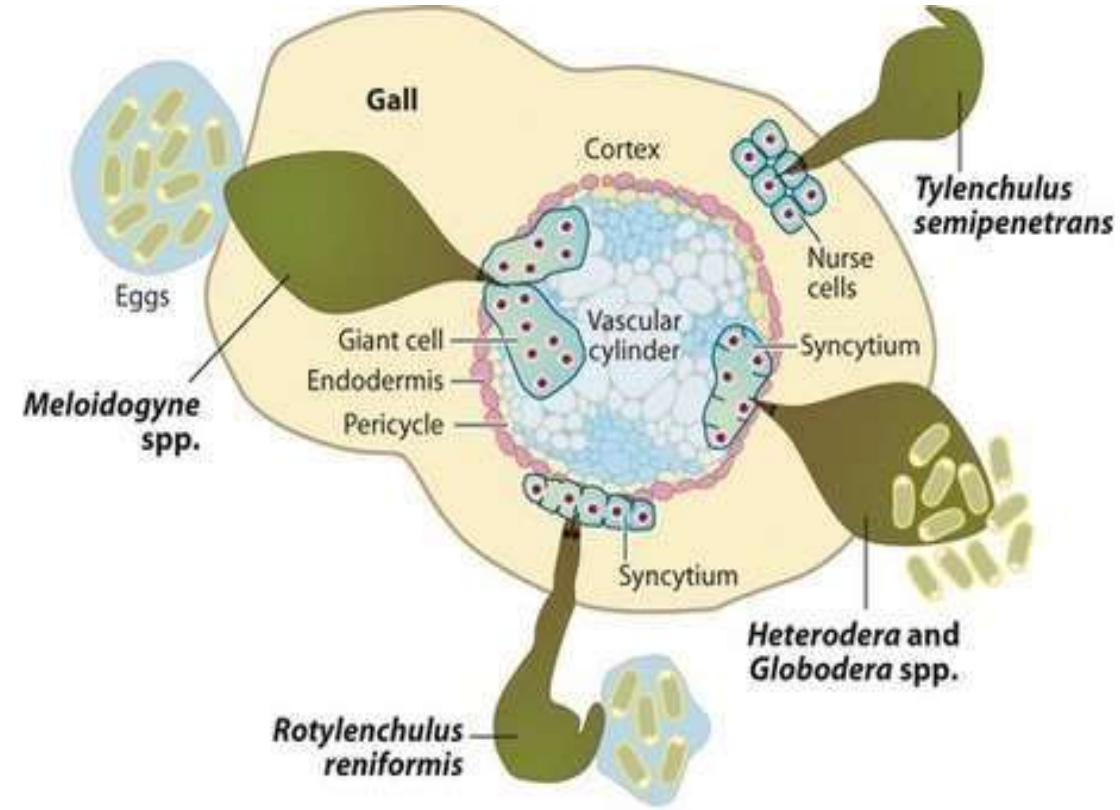
سحب الرمح والانتقال Stylet withdrawal and movement away: بعد ان يتم تفريغ محتويات الخلية من السايتوبلازم تسحب النيماتودا رمحها ليعود الى مكانه داخل جسم النيماتودا وبمجهود كبير تفصل النيماتودا شفاهها من على الجذر ثم تنتقل الى موقع تغذية اخر وعند مغادرة نيماتودا تقصف الجذور موقع التغذية تترك ما يسمى بأنبوب التغذية feeding tube المتكونة من الافرازات الهضمية المتصلبة التي كانت تستخدم كاداة امتصاص.





تختلف كثيرا فترة التغذية في الموقع الواحد باختلاف النيماتودا فقد تستغرق أقل من دقيقة الى عدة ايام كما تختلف التاثيرات التي تحدثها طبيعة التغذية في الخلايا من تاثير بسيط جدا الى تغيرات فسيولوجية وتشريحية كبيرة .

تخترق يافعات النيماتودا ذات التغذية الداخلية الساكنة كنيماتودا تعقد الجذور مثلا وذلك بعمل توسيع ثقب في جدار الخلية على شكل فتحة تخترق من خلالها الى داخل الجذر ويساعدها افرازات كيميائية تسهل عملية الاختراق وبعد ان تسكن في موقع التغذية عن طريق تكوين خلايا عملاقة من انسجة الجذر تستمر في التغذية عليها طيلة مدة حياتها.



Mitchum MG, et al. 2012.
Annu. Rev. Phytopathol. 50:175–95

الشكل: يوضح تاثير النيماتودا على انسجة الخلايا النباتية

التقسيم العام للنيماتودا General Classification

مازال تقسيم النيماتودا في حالة تغير مستمرة وسريعة، ويلاحظ ذلك في كثرة تكرار ظهور الأبحاث والدراسات التي تتعلق بتنقيح وتغيير التقسيمات السابقة مع إضافات جديدة. وفي الواقع فإن كل نوع من التقسيم يعكس تخصص المصنف بالنسبة للمجموعات النيماتودية المختلفة، سواء كانت نيماتودا حرة، أو طفيليات نباتية، أو حيوانية. وقد شهد العقد الأخير ظهور دراسات جديدة في تصنيف النيماتودا، نتج عنها تقسيمات جديدة لكثير من المراتب التقسيمية Taxa للنيماتودا. وهذه التقسيمات الجديدة غالباً ما تعتمد على نظريات تحتاج إلى كثير من التحقيق والاختبار، كما أن هناك حاجة كبيرة لدراسة الصفات التشخيصية للنيماتودا، ودور النيماتودا كمؤشرات ودلائل في عملية التطور.

المراتب التقسيمة للنيماتودا Nematode Taxa

كان العالم لينيوس (1758 م) أول من أسس نظام المراتب التقسيمية في المملكة الحيوانية، فقد قسم الكائنات في المملكة الحيوانية إلى خمس مراتب تقسيمية هي: الطائفة Classis، والرتبة Order، والجنس Genus، والنوع Species، والسلالة Verietas.

ولا شك في أن هذه التقسيمات قد تفرعت، فيما بعد، إلى مراتب تقسيمية أكثر، عندما اكتشف الكثير من الأنواع الجديدة وتم وصفها.

وبصورة عامة، يمكن تمييز المراتب التقسيمية التالية في علم النيماتودا:

١- الشعبة (القبيلة) Phylum

تشمل الشعبة مجموعة من الطوائف ذات صفات مشتركة، وهي تعتبر المرتبة التقسيمية العليا Highest Taxson المستعملة عادة في المملكة الحيوانية.

٢- الطائفة (الصف) Class

وهي تشمل مجموعة من الرتب تجمعها بعض الصفات المشتركة، وعادة ينتهي مقطع اسم الطائفة بالحرفين ea.

٣- الرتبة Order

تشمل الرتبة مجموعة من الفصائل ذات صفات مشتركة، وعادة ينتهي المقطع بالأحرف ida.

٤- تحت الرتبة Suborder

وتشمل مجموعة من فوق الفصائل ذات صفات مشتركة، وينتهي المقطع بالأحرف ina.

٥- فوق الفصيلة Superfamilly

وهي تشمل مجموعة من الفصائل ذات صفات مشتركة، وينتهي المقطع بالأحرف oidea.

٦- الفصيلة Family

وتضم مجموعة من الاجناس ذات صفات مشتركة، وينتهي المقطع بالأحرف idea.

٧- تحت الفصيلة Subfamily

جزء من فصيلة تختص بصفات مشتركة، وينتهي المقطع بالأحرف inae.

٨- الجنس Genus

ويضم مجموعة من الانواع ذات صفات مشتركة، ويشمل اسم الجنس المقطع الاول من الاسم العلمي الثنائي (Scientific Binomial) للكائن الحي.

٩- النوع Species

ويضم مجموعة من عشائر (Populations) تجمعها صفات مشتركة، ويعتبر النوع اهم مرتبة تقسيمية في علم الاحياء، ويشكل اسم النوع المقطع الثاني من الاسم العلمي الثنائي للكائن الحي.

والمثال التالي يوضح تقسيم نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne javanica* الى المراتب التقسيمية المقبولة او الموجودة في تقسيم النيماتودا:

المرتبة التقسيمية	المثال	نهاية مقطع اسم المرتبة التقسيمية
الشعبة	Phylum	Nematoda
الطائفة	Class	Secernentea
الرتبة	Order	Tylenchida
تحت الرتبة	Suborder	Tylenchina
فوق الفصيلة	Superfamily	Heteroderoidea
الفصيلة	Family	Meloidogynidae
تحت الفصيلة	Subfamily	Medloidogyninae
الجنس	Genus	*Meloidogyne*
النـوع	Species	*javanica*

شعبة النيماتودا

يبدو ان هناك اتفاقا عاما على تقسيم شعبة النيماتودا Phylum: Nematoda الى طائفتين رئيستين هما: طائفة Secernentea، وطائفة Adenophorea، اللتان تختلفان فيما بينهما في كثير من الصفات، لعل اهمها تركيب الجهاز الاخراجي، ووجود – او عدم وجود – الاعضاء الفازميدية.

جدول يبين الاختلافات التقسيمية بين كل من طائفتي Secernentea و Adenophora.

الصفة التقسيمية	Class: Secernentea	Class: Adenophora
الكيوتيكل	مخطط تخطيط عرضي يشبه التحليق	غير مخطط, يرى تحت المجهر على شكل خيط
الرمح	من النوع stomatostyle ينشأ من الجدر المبطنة لتجويف الفم.	من النوع odontostyle ينشأ من إبره بجوار المريء
شكل المرئ	نموذجي, دبلوقاستروید, تايلينكويد, أفلينكويد	أسطواني, قنيني, بصلي
الامفيد	فتحة صغيرة مستديرة, تقع في منطقة الشفاه	دائري, حلزوني, جيبي يقع خلف منطقة الشفاه
الفازميد	موجود, يقع على جانبي مؤخرة الجسم في منطقة الذيل وسط خطوط الحقل الجانبي	غائب
الجهاز الإخراجي	أنبوبي, عديد الخلايا	غدي, خلية غدية واحدة
الغدد الذيلية	غائبة	موجودة
الجراب التناسلي	موجود	نادر جداً
الخصية في الذكور	خصية واحدة ماعدا نيماتودا تعقد الجذور تمتلك خصيتين	خصيتين ماعدا نيماتودا تقصف الجذور تمتلك خصية واحدة
شكل الأنثى	أسطوانية, ليمونية, كمثرية, كروية, كلوية	أسطوانية دائماً
الوسط البيئي	تعيش في التربة, تتطفل على النبات والحيوان	معظمها مائية, تتطفل على الحيوانات ونادراً على النبات.

ان النيماتودا المتطفلة على النبات Plant-Parasitic Nematodes توجد في ثلاث رتب فقط، رتبتان من طائفة Secernentea هما: رتبتا Tylenchida و Aphlenchida، ورتبة واحدة فقط من طائفة Adenophorea هي رتبة Dorylaimida.

تقع اهم اجناس نيماتودا النبات واكثرها انتشارا وشيوعا في الحقول الزراعية في ست عشرة فصيلة Family.

معظم هذه الاجناس تتبع اثنتي عشر فصيلة تابعة للرتبة Tylenchida، بينما الاقل يتبع فصيلتين من رتبة Aphelenchida، وكذلك فصيلتين من رتبة Dorylaimida.

من الجدير بالذكر أنه توجد بعض الصفات المهمة في عمليات تصنيف النيماتودا والتي تعتمد على الصفات المورفولوجية وبعض القياسات لبعض الأعضاء في النيماتودا مثل موضع الفتحة الإخراجية، وجود أو عدم وجود الفازميد، شكل الكيوتكيل الخارجي، عدد وشكل الشفاه، شكل تجويف الفم، شكل المريء يشكل الرمح، الجهاز التناسلي الأنثوي والفكري والتحورات الموجودة فيه، شكل الذيل وطوله.

وقد وضع العالم الهولندي ديمان deMan في سنة 1884م نظام لبعض القياسات المهمة في عمليات تصنيف النيماتودا وأطلق عليها صيغ (معادلات ديمان deMan formula، نوجز هنا بعض منها:

L= طول الجسم

a = طول الجسم ÷ أكبر عرض للجسم

b = طول الجسم ÷ المسافة من الشفاه حتى نهاية المري

bó= طول الجسم ÷ طول المريء حتى نهاية الغدد المريئية

C = طول الجسم ÷ طول الذيل (من فتحة الشرج إلى نهاية الجسم)

S = طول الرمح ÷ عرض الجسم عند قاعدة الرمح

%V= الطول من الشفاه حتى فتحة الشرج ÷ طول الجسم × 100

%T = طول الخصية ÷ طول الجسم x 100

%O = المسافة من قاعدة الرمح إلى فتحة الغدة المريئية الظهرية ÷ طول الرمح x 100

d.g.o = المسافة من قاعدة الرمح إلى فتحة الغدة المريئية الظهرية

وفيما يلي تقسيم مبسط لاهم النيماتودا النباتية واكثرها انتشارا في الحقول الزراعية:

Phylum: Nematoda	شعبة: النيماتودا
Class: Secernentea	طائفة: سيسرنينتيا
Order: Tylenchida	رتبة: تيلينكيدا
Family: Tylenchidae	الفصيلة: تيلنكيدي
Anguina tritici (Wheat seed gall)	نيماتودا تثأل حبوب القمح
Ditylenchus dipsaci (Stem and bulb)	نيماتودا الساق والأبصال
Family: Tylenchorhynchidae	الفصيلة: تيلنكورينكيدي
Tylenchorhynchus spp. (Stunt)	نيماتودا التقزم
Family: Dolichodoridae	الفصيلة: دوليكودوريدي
Dolichodorus spp. (Awl)	النيماتودا المخرازية
Family: Belonolaimidae	الفصيلة: بيلونوليميدي
Belonolaimus spp. (Sting)	النيماتودا الواخزة (اللاسعة)
Family: Pratylenchidae	الفصيلة: براتيلينكيدي
Pratylenchus spp. (Lesion)	نيماتودا التقرح
Hirschmanniella oryzae (Rice)	نيماتودا الارز
Radopholus similes (Burrowing)	نيماتودا الحفارة
Family: Hoplolaimidae	الفصيلة: هوبلوليميدي
Hoplolaimus spp. (Lance)	النيماتودا الرمحية
Helicotylenchus spp. (Spiral)	النيماتودا الحلزونية
Rotylenchus spp. (Spiral)	النيماتودا الحلزونية
Scutellonema spp. (Spiral)	النيماتودا الحلزونية
Family: Nacobidae	الفصيلة: نكوبيدي
Nacobbus spp. (False Root-knot)	نيماتودا تعقد الجذور الكاذب
Rotylenchulus reniformis (Reniform)	النيماتودا الكلوية
Family: Meloidogynidae	الفصيلة: ميلودوجينيدي
Meloidogyne spp. (Root-knot)	نيماتودا تعقد الجذور
Family: Heteroderidae	الفصيلة: هيترودريدي
Heterodera spp. (Cyst)	نيماتودا الحوصلات
Globodera spp. (Cyst)	نيماتودا الحوصلات
Family: Criconematidae	الفصيلة: كريكونيماتيدي
Macroposthonia spp. [*Criconemoides*] (Ring)	النيماتودا الحلقية

Hemicycliophora spp. (Sheath)	النيماتودا الغمدية
Family: Paratylenchidae	الفصيلة: باراتيلنكيدي
Paratylenchus spp. (Pin)	النيماتودا الدبوسية
Family: Tylenchulidae	الفصيلة: تيلنكيوليدي
Tylenchulus semipenetrans (Citrus)	نيماتودا الموالح (الحمضيات)
Order: Aphelenchida	رتبة افيلنكيدا
Family: Aphelenchidae	الفصيلة: افيلنكيدي
Aphelenchus spp. (Fungal)	النيماتودا الفطرية
Family: Aphelenchoididae	الفصيلة: افيلنكيوديدي
Aphelenchoides spp. (Bud & leaf)	نيماتودا البراعم والأوراق
Rhadinaphelenchus cocophilus (Coconut)	نيماتودا نخيل جوز الهند
Class: Adenophorea	طائفة: ادينوفوريا
Order: Dorylaimida	رتبة دوري ليميدا
Family: Longidoridae	الفصيلة: لونقي دوريدي
Longidorus spp. (Needle)	النيماتودا الإبرية
Paralongidorus spp. (Needle)	النيماتودا الإبرية
Xiphinema spp. (Dagger)	النيماتودا الخنجرية
Family: Trichodoridae	الفصيلة: تريكودوريدي
Trichodorus spp. (Stubby-root)	نيماتودا تقصف الجذور
Paratrichodorus spp. (Stubby-root)	نيماتودا تقصف الجذور

Nematode Morphometric Parameters

Revised: 11/20/2019

De Man Formulae

The following set of parameters used to characterize nematode species were developed initially by De Man in 1876 and 1880 and have been added to, modified and amended by Cobb (1914), Thorne (1949) and many others. They are often known as the De Man Formulae or the De Man Indices.

n = number of specimens on which measurements are based

L = overall body length

V = % distance of vulva from anterior

a = body length / greatest body diameter

b = body length / distance from anterior to esophago-intestinal valve

b' = body length / distance from anterior to base of esophageal glands

MB% = % distance from anterior to median bulb relative to length of esophagus

c = body length / tail length

c' = tail length / tail diameter at anus or cloaca

s = stylet length / body diameter at base of stylet

T = % length of male gonad relative to body length

o = % distance of dorsal esophageal gland opening from stylet knobs in relation to stylet length

P = % distance of phasmid from anus in relation to length of tail

P^a = % distance of anterior phasmid from anterior of nematode in relation to body length

P_p = % distance of posterior phasmid from anterior of nematode in relation to body length

G^1 = % length of anterior female gonad in relation to body length

G_2 = % length of posterior female gonad in relation to body length

Tail = portion of body from anus or cloaca to posterior terminus

s = stylet or spear length (stomatostyle or odontostyle)

SE = distance from anterior end to excretory pore in *μm*

SE/L = SE/L (measured in same units) expressed as %).

SV/s = distance from base of stylet to median bulb valve/stylet length.

s/L = stylet length/body length (measured in same units as %).

m = conus of stomatostyle/total stomatosyle length

o = (distance of dorsal esophageal gland opening from stylet knobs x 100)/(length of stylet)

p = (distance of phasmid(when not erratic) from anus x 100)/(length of tail)

VA = distance from vulva to anus

R = total number of body annules

Rex = number of body annules between anterior and excretory pore

RV = number of body annules between vulva and tail tip

Ran = number of body annules between anus and tail tip

RVan = number of body annules between vulva and anus

Other useful measurements:

stylet extension (odontophore) length in µm
gubernaculurn length in µm
spicule length in µm
capitulum length in µm

In descriptions of the characteristics of nematode species, parameters of the De Man Formula are expressed as means and ranges, with the units of the means indicated for the measures that are not ratios:

For n=20 females, L = 1.2 (0.9-1.45) mm, a = 32 (26.8- 35.1), b = 9.2 (7.8-10.3), b' = 6.3 (5.2-7.3), c = 72 (65-78), o = 16 (14-18) %, P = 45 (41-48) %, G1 = 34 (28-48) %, G2 = 31 (27-34) %, V = 53 (50-56) %, stylet = 25 (23-28) µm.

For n=13 males.....similar and including male-specific parameters.

Loof-Coomans Formulae

Loof and Coomans (1970) defined an additional set cof morphometric charvctaers applicable to the Order Dorylaimida in which there are five esophageal (pharyngeal glands. The parameters define the relative location of gland orifices and nuclei in relation to the length of the esophagus.

DO = orifice of dorsal gland (e.g. 51-55 %)

DN = dorsal gland nucleus at center of nucleolus (e.g. 54-58 %).

S_1O = orifice of the first pair of ventrosublateral glands (e.g. 65-68%).

S_1N_1 = anterior nucleus of the first pair of ventrosublateral glands (e.g. 69-72 %).

S_1N_2 = posterior nucleus of the first pair of ventrosublateral glands (e.g. 70-74 %).

S_2O = orifice of the second pair of ventrosublateral glands (e.g. 84-86 %).

S_2N_1 = anterior nucleus of the second pair of ventrosublateral glands (e.g. 84-86 %).

S_2N_2 = posterior nucleus of the second pair of ventrosublateral glands (e.g. 88-90 %).

K = Distance DN-S_1N_1 as a percentage of distance DN-S_1N_2.

K' = Distance DO-S_1O as a percentage of DOS_2O.

References

Caveness, F.E. 1964. A Glossary of Nematological Terms. Ibadan, Nigeria.

Cobb, N.A. 1914. Antarctic marine free-living nematodes of the Shakelton expedition. Contributions to a Science of Nematology 3-33.

De Man, J.G. 1876. Onderzoekingen over vrij in de aarde levende nematoden. Tijdschr. Ned. Dierk. Ver. 2: 78-196.

De Man, J.G. 1880. Die Eingheimischen, frei in der reinen erde und im süssen wasser lebends Nematoden. Tijdschr. Ned. Dierk. Ver. 5: 1-104.

Loof, P.A.A. and Coomans, A. 1970. On the development and location of the oesophageal gland nuclei in the Dorylaimina. Proc. IX Int. Nem. Symp (Warsaw, 1967) 1970.

Thorne, G. 1949. On the classification of the Tylenchida, new order (Nematode, Phasmidia). Proc. Helmithol. Soc. Washington 16:37-73.

العلاقات البيئية لنيماتودا النبات

العلاقات البيئية لنيماتودا النبات

ان معرفة العلاقات البيئية للنيماتودا والمكونات البيئية المحيطة بها تعد امراً مهماً لفهم الكثير من الأسس التي تحكم علاقات النيماتودا بعوائلها النباتية وتؤثر فيها، وكذلك في فهم اسس مكافحة النيماتودا

تأثير البيئية على نشاط النيماتودا

اولاً: بيئة التربة Soil environment

تقضي نيماتودا النبات دورة حياتها او جزء منها على الأقل في التربة، لذلك فإن بيئة التربة تؤثر تأثيرا واضحاً على كثير من أنشطة النيماتودا وبطرق مختلفة وكما يلي:

درجة حرارة التربة Soil temperature

تؤثر درجة حرارة التربة على كثير من انشطة النيماتودا كفقس البيض، معدل التطور، توزيع النيماتودا، قدرتها على البقاء. كما ان الحرارة تؤثر على العائل النباتي وبالتالي على النيماتودا.

ولمعظم انواع نيماتودا النبات مدى حراري امثل لنشاطها يقع مابين (15- 30) درجة مئوية ويقل هذا النشاط بانخفاض او ارتفاع درجة الحرارة عن هذا المدى حتى يتوقف نشاطها تحت درجة حرارة 5 مئوية او فوق 40 مئوية.

رطوبة وتهوية التربة Soil moisture and aeration

تؤثر رطوبة وتهوية التربة على كثير من أنشطة النيماتودا كفقس البيض، معدل التطور لكي تبقى النيماتودا في حالة نشطة لابد من توفر غشاء رقيق من الماء يغلفها، وكمية كافية من الأوكسجين للتنفس.

وعادة ما يتوافر هذان المتطلبان في معظم الترب الزراعية عند مستوى رطوبة 40-60 % من السعة الحقلية. ويعتبر تذبذب رطوبة التربة بسبب الأمطار ومياه الري من اهم العوامل الرئيسية التي تؤثر على كثافة النيماتودا في التربة. عندما تقترب رطوبة التربة من درجة الذبول في النباتات فإن نشاط النيماتودا يتوقف، قد تجف النيماتودا تماماً وتموت عندما تكون التربة جافة جداً.

اما في التربة الرطبة جداً (الغدقة) فأن نشاط النيماتودا يصبح محدود جداً وذلك بسبب نقص الأوكسجين. تتأقلم بعض انواع النيماتودا مع الترب الرطبة او الجافة فمثلاً نجد نيماتودا الأرز *Hirschmanniella oryzae* متأقلمة جداً في الترب الغدقة في حقول الرز وكذلك وجد بعض الأطوار اليرقية لنيماتودا *Paratylenchus* spp تبقى حية في التربة الجافة جداً، اما نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp فتكون حساسة جداً للجفاف، بعكس نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus* spp مقاومة للجفاف.

قوام (نسجة) التربة Soil Texture

يحدد قوام التربة حجم المسامات البينية الموجودة بين حبيبات التربة وبالتالي يؤثر هذا الحجم على انشطة النيماتودا، وخاصة الحركة ولا تستطيع النيماتودا الحركة في التربة الا عندما يكون قطر المسامات البينية اكبر من قطر جسم النيماتودا، الا ان معظم الترب الزراعية ذات مسامات بينية بحجم كاف لمرور النيماتودا، تفضل معظم النيماتودا الترب الرملية ذات القوام الخشن، مثل نيماتودا تعقد الجذور. بينما يفضل البعض الأخر الترب الطينية الثقيلة مثل نيماتودا السيقان والأبصال ومع ذلك فإن هناك انواع اخرى مثل نيماتودا الحمضيات توجد في كلا النوعين من الترب.

درجة حموضة التربة Soil pH

كان يعتقد في السابق ان لحموضة التربة تأثيراً كبيراً على كثافة النيماتودا في التربة ولذلك كان ينصح بإضافة الجير كطريقة لمكافحة النيماتودا في الترب الحامضية، لكن اتضح ان ذلك ليس صحيحاً، فقد وجد ان الحموضة بين درجتي (5- 7) pH ليس لها تأثير يُذكر على كثافة النيماتودا في التربة.

محتوى المادة العضوية Organic matter

تؤثر إضافة المادة العضوية إلى التربة على كثافة النيماتودا إما عن طريق مباشر من خلال نواتج تحللها الوسطية السامة للنيماتودا كالغازات السامة او الأحماض الدهنية مثل حامض البيوتيرك اسيد Butyric acid او عن طريق غير مباشر وذلك بتشجيعها لنمو وتكاثر الأعداء الطبيعية للنيماتودا، خاصة الفطريات، او عن طريق زيادة نمو النبات وبالتالي قوة تحمله للإصابة.

ثانياً: بيئة منطقة الجذور Rhizosphere Environment

يقصد بها بيئة التربة القريبة والمحيطة مباشرة بالجذور وما يصاحبها من تغيرات بيئية وديناميكية نتيجة لأنشطة الجذور. فجذور النبات تغير من البيئة المحيطة بها إذ ينخفض في هذه البيئة تركيز العناصر الغذائية المعدنية، كذلك مستوى الرطوبة والأوكسجين بينما يزداد تركيز Co_2 ومحتوى المادة العضوية وتنوعها، وكذلك كثافة الأحياء المجهرية وغالباً ما تكون علاقات النيماتودا ـ العائل- البيئة في هذه المنطقة علاقات ذات طبيعة كيميائية.

تشجع افرازات الجذور فقس البيض كما هو الحال في افرازات جذور العوائل المتخصصة لنيماتودا الحوصلات. كما ان بعض افرازات الجذور تعمل كمواد جاذبة في توجيه حركة اليرقات نحو الجذور في كثير من الأنواع النيماتودية. اما افرازات جذور نباتات القطيفة والسبرجس (الهليون) يمكن ان تعمل كمثبط لفقس البيض او كعامل منفر او حتى قاتل للنيماتودا.

ثالثاً: بيئة النبات Plant Environment

المقصود هنا هو بيئة تفاعل النبات مع النيماتودا وطبيعة استجابته للإصابة. حيث ان نيماتودا النبات طفيليات اجبارية فإنها لا بد ان تحصل على غذائها من العائل النباتي. وبالتالي فإن كمية ونوعية الغذاء الذي يوفره العائل النباتي يؤثر على معدل تطور النيماتودا وتكاثرها عليه، وكذلك على شدة الإصابة.

في علم النيماتودا توصف علاقة اي صنف نباتي عائل بالنيماتودا من زاويتين مختلفة على النحو الأتي:-

من حيث درجة تكاثر النيماتودا عليه الى:-

- صنف قابل للإصابة Susceptible : وهو الصنف الذي يسمح بتكاثر النيماتودا عليه بدرجة كبيرة
- صنف مقاوم Resistant : هو الصنف الذي لا يسمح بتكاثر النيماوتودا عليه الا بدرجة قليلة.

من حيث درجة تضرره بالإصابة الى:-

- صنف لا يتحمل الإصابة (حساس) Intolerant : وهو صنف حساس يتضرر كثيراً نتيجة اصابته بالنيماتودا ولو بأعداد قليلة جداً
- صنف يتحمل الإصابة Tolerant : وهو الصنف الذي يحدث له ضرر بسيط حتى وان اصيب بأعداد كبيرة من النيماتودا.

اما النبات غير العائل واحياناً يسمى بالنبات ذي المناعة Immune فهو ذلك النبات الذي لا تربطه بالنيماتودا اية علاقة سواءً من ناحية التكاثر او الضرر إذ لا تستطيع النيماتودا التغذية عليه.

وسائل انتشار النيماتودا

من وسائل انتشار نيماتودا النبات ما يلي.

- التربة والأنسجة النباتية.
- الآلات والأدوات الزراعية الأسمدة العضوية.
- الحيوانات.
- الماء.
- الرياح.

علاقات النيماتودا مع الأحياء الأخرى

لا يقتصر تأثير النيماتودا على عوائلها المختلفة على التأثير المرضي المباشر، انما يتعدى ذلك بدرجة كبيرة الى التأثير الضار والمهم الذي يحدث نتيجة تعاون وتفاعل النيماتودا مع الأحياء الدقيقة الأخرى وخاصة تلك التي تعيش في التربة. لذلك ينتج عن مثل هذا التفاعل معقدات مرضية Disease complexes تسبب خسائر فادحة.

علاقات النيماتودا مع الفطريات والبكتيريا

اولاً: العلاقات التعاونية Synergistic interactions

يمكن تقسيمها الى ما يلي:-

- **تعمل النيماتودا كناقلات للمسببات المرضية الأخرى.**

تتلوث اجسام جميع أنواع النيماتودا في الطبيعة بجراثيم فطرية وبكتيرية وهذا يؤهلها لأن تلعب دور ناقل لها. فمثلا علاقة نيماتودا ثأليل الحنطة *Anguina tritici* مع بكتيريا *Clavibacter tritici* والتي تسبب مرض لفحة السنابل على الحنطة.

تسبب النيماتودا مناطق لدخول الكائنات الأخرى. كان يعتقد في السابق ان الجروح التي تحدثها النيماتود على النبات – عند تغذيتها او اختراقها الأنسجة الجذرية – هي المسؤولة عن تهيئة النبات للإصابة بكثير من امراض الذبول. لكن الأبحاث الحديثة اظهرت إن العلاقة بين النيماتودا وكثير من الأحياء الأخرى اكثر تعقيداً وليست مجرد لدخول هذه المسببات المرضية من هذه العلاقات:

- **مع الأحياء التي لا تعتبر عادة مسببات مرضية**

تشجع النيماتودا (خاصة الداخلية التغذية) كثير من أحياء التربة الفطرية والبكتيرية التي لا تعتبر في الظروف الطبيعية مسببات مرضية وتجعلها مسببات مرضية وذلك بعد إضعاف وتهيئة النبات للإصابة بهذه المسببات المرضية الثانوية فمثلاً يصاب التبغ بفطر *Trichoderma* الضعيف عند اصابته ايضاً بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* .

- **مع مسببات امراض الذبول وامراض الجذور عامة:**

تعمل النيماتودا في هذه الحالة على تغيير فسيولوجية الجذر إذ تجعله ملائماً ومهيئاً الإصابة بكثير من فطريات وبكتيريا الذبول وامراض الجذور الأخرى، كما في حالة اصابة التبغ بمرض الذبول البكتيري نتيجة لتعاون نيماتودا تعقد الجذور وبكتيريا .*Ralistonia spp*، او في حالة اصابة الطماطة بمرض الذبول الفيوزارمي نتيجة لتعاون نيماتودا تعقد الجذور وفطر *Fusarium* .

تسبب النيماتودا تقرحات تشكل مناطق اصابة للمسببات المرضية الأخرى، تشكل التقرحات التي تحدثها النيماتودا الداخلية في طبقة القشرة في الجذور مناطق اصابة وتغذية لكثير من المسببات المرضية الضعيفة غير المتخصصة كما هو الحال في حالة الإصابة المشتركة بين نيماتودا التقرح *Pratylenchus penetrans*والفطر *Trichoderma viride* الضعيف على البرسيم.

- **النيماتودا او الأحياء الأخرى تحدث تغيرات فسيولوجية ملائمة للكائنات المشاركة كالتالي:-**

الإصابة بالفطر تزيد من تكاثر النيماتودا كما هو الحال عندما تزداد اعداد نيماتودا *Pratylenchus penetrans* على الطماطة والباذنجان عند اصابتها بالفطر *Verticillium dahliae*. كما وجد ان الإصابة المشتركة بين نيماتودا *Rotylenchus reniformis* وفطر *Fusarium oxysporium* f. *pisi* على البازلاء قد ادى الى مضاعفة تكاثر النيماتودا .

الإصابة بالنيماتودا تزيد من الإصابة بالمسببات المرضية الأخرى كما هو الحال عند ازدياد الإصابة بمرض الذبول الفيوزارمي على الطماطة عند اصابتها بنيماتودا تعقد الجذور وهذا النوع من العلاقات ينتج عنه ما يسمى بالأمراض المركبة التي تعد الأكثر خطورة وانتشاراً.

الإصابة بالنيماتودا تؤدي الى فقد صفة المقاومة للأمراض الأخرى

تؤدي الإصابة بالنيماتودا الى تغيرات تشريحية وفسلجية في النبات المصاب، ويعتقد ان التغيرات الفسلجية هي المسؤولة عن فقد صفة المقاومة لدى كثير من الأصناف لبعض الأمراض كالفطرية مثلاً التي كانت مقاومة لها قبل الإصابة بالنيماتودا ومن امثلة هذا التأثير فقد صفة المقاومة في صنف الطماطة Florida MH-1 للذبول الفيوزارمي عند اصابتها بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita*.

ثانياً: تأثير الإصابة بالنيماتودا على فطريات المايكورايزا

قد تؤدي الإصابة بنيماتودا الجذور الى احداث اضرار بفطريات المايكورايزا المفيدة للجذور والإخلال في عملها في حماية الجذور من الأمراض الأخرى. الا ان بعضاً من فطريات المايكورايزا وخاصة المايكورايزا الداخلية مثل الجنس Glomus قد تحمي الجذور من الإصابة بالنيماتودا، كما هو الحال في حماية جذور القطن من الإصابة بنيماتودا *Meloidogyne incognita*

ثالثاً: تأثير الإصابة بالنيماتودا على العقد البكتيرية في جذور البقوليات

تؤدي اصابة النباتات البقولية بنيماتودا الجذور الى تثبيط تكوين العقد البكتيرية المفيدة الناتجة عن بكتيريا *Bradyrhizobium*ثم تثبيط عملية تثبيت النتروجين الجوي. كما هو الحال في اصابة جذور فول الصويا بنيماتودا حوصلات فول الصويا او نيماتودا تعقد الجذور.

رابعاً: تأثير الأصابة بالنيماتودا على الأمراض الفطرية والبكتيرية

تشير بعض الأبحاث الى مقدرة بعض انواع النيماتودا على خفض شدة امراض معينة فمثلاً وجد ان نيماتودا *Aphelenchus avenae* تستطيع خفض الأمراض المتسببة عن فطريات *Pythium* ، *Fusarium* ، *Rhizoctonia* في حالات معينة. ان هذه النيماتودا هي نيماتودا تتغذى على الفطريات اساساً. كما وجد ان اصابة الرز بمرض القمة البيضاء المتسبب عن نيماتودا *Aphelenchoides besseyi* تؤدي الى زيادة مقاومة الرز لمرض تعفن الساق الذي يسببه فطر *Leptosphaeria salvinii* .

علاقة النيماتود مع الفايروسات

منذ اكتشاف قدرة النيماتودا الخنجرية *Xiphinema index* على نقل فايروس الورقة المروحية في العنب عام 1958 في كاليفورنيا والأبحاث لا تزال تضيف اكتشافات جديدة في هذه العلاقات البايولوجية المتخصصة بين النيماتودا والفايروسات النباتية، ويبدو ان عملية النقل هذه محصورة في خمس اجناس نيماتودية جميعها تتبع الرتبة Dorylaimida .

ثبت ان هناك احدى عشر نوعاً من جنس *Xiphinema* وعشرة انواع من الجنس *Longidorus* ونوعاً واحداً من جنس *Paralongidorus* تنقل سلالات مختلفة من سبعة عشر فيروساً من الفيروسات ذات الشكل المتعدد السطوح Polyhedral والمعروفة بإسم Nepo- virusesهذه الفايروسات معظمها يسبب تبقعات حلقية للعديد من النباتات كالطماطا والتبغ وغيرها، كما انه معروف ان هناك خمسة انواع من الجنس *Trichodorus* وتسعة انواع من الجنس *Paratrichodorus* تنقل سلالات مختلفة لفيروسين هما فيروس خشخشة التبغ TRVوفايروس التلون البني المبكر في البازلاء PEBV وهما من الفيروسات ذات الشكل العصوي Tubular المعروفة بإسم Tubra-virus تحصل النيماتودا على الفايروس اثناء تغذيتها على جذور النباتات المصابة بهذه الفايروسات إذ تلتصق الفيروسات على طبقة الكيوتكل المبطنة لتجويف الفم او تجويف المريء الشعاعي ومن ثم تنقلها الى النباتات السليمة عند التغذية عليها.

وتحتفظ النيماتودا بقدرتها على نقل الفايروسات الى النباتات السليمة مدة تتراوح من عدة أيام إلى عدة أشهر قد تصل الى أربعة عشر شهراً، وتختلف هذه المدة بإختلاف النيماتودا والفايروس والظروف البيئية كدرجة الحرارة ورطوبة التربة ويلاحظ ان الأطوار الفاقسة او المنسلخة من النيماتودا الناقلة للفيروسات لا تبقى ناقلة بل عليها الحصول على الفايروس من جديد. تشير بعض الأبحاث ان بعض الأنواع النيماتودية قد تصاب بأمراض فايروسية.

العلاقة بين الأنواع المختلفة من النيماتودا

ازدادت في الأونة الأخيرة الأبحاث التي تناولت علاقات وتفاعل الأنواع المختلفة من النيماتودا مع بعضها البعض حول جذور العائل النباتي وهي في معظمها تعكس ظاهرة تنافس معظم هذه الأنواع على المصدر الغذائي المحدد ، وان هذا التنافس بالإضافة الى درجة ملائمة العائل للإصابة سينتج عنه علاقة تضادية لإحدهما او كليهما. فمثلاً وجد ان اصابة النبات بنوع من النيماتودا قد يؤدي الى زيادة تكاثر نوع اخر عليه كما هو الحال في زيادة تكاثر نيماتودا التقرح *Pratylenchus penetrans* على صنف معين من التبغ المصاب بنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* وربما يعود ذلك الى التغير في فسيولوجية العائل، ومع ذلك فإن هذه العلاقة تختلف بإختلاف نوع العائل النباتي.

1

الامراض المتسببة عن نيماتودا النبات

تسبب نيماتودا النبات أضرارا على عوائلها المختلفة من خلال تأثيرها المباشر وغير المباشر على النبات كما ذكرت سابقا وتنتشر الأجناس والأنواع المختلفة من نيماتودا النبات في معظم (ان لم يكن في جميع مناطق الزراعية في العالم) ويتطفل معظمها على محاصيل اقتصادية مهمة مسببة أمراضا او أضرارا على تلك المحاصيل تتراوح نسبة الخسائر الاقتصادية من طفيفة جدا 1% إلى فقد كامل بالمحصول 100% ومع ذلك لا يزال البعض لا يعطي البعض الاهتمام الكافي لهذه الآفات النيماتودية الخطرة وقد يعود عدم الاهتمام إلى عدة أسباب من أهمها ان غالبية النيماتودا تصيب أجزاء النبات تحت سطح التربة وقد لا تكون الأعراض التي تسببها النيماتودا على عوائلها المختلفة بدرجة الوضوح التي تحدثها الإصابة بالفطريات او الحشرات ورغم أضرارها الاقتصادية لا تقتل عوائلها النباتية بسرعة وبصورة مفاجئة بحيث ينتبه المزارع إلى ذلك ولكنها تحدث تدهورا مستمرا متدرجا في النبات .

وبعد استطلاع رأي شمل 371 متخصصا في 75 بلدا في العالم وجد وان الأجناس العشرة الأكثر أهمية وضررا على المستوى العالمي وحسب الترتيب التنازلي هي :

1- نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* 2- نيماتودا التقرح *Pratylenchus* 3- نيماتودا الحوصلات *Heterodera* 4- نيماتودا السوق والابصال *Ditylenchus* 5- نيماتودا حوصلات البطاطا *Globodera* 6- نيماتودا الموالح (الحمضيات) *Tylenchulus semipenetrans* 7- النيماتودا الخنجرية *Xiphinema* 8- النيماتودا الحفارة *Radopholus* 9- النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* 10- النيماتودا الحلزونية *Helicotylenchus*.

الى ان هذا الترتيب العالمي (حسب الأهمية) المشار إليه قد يختلف من بلد إلى أخر ومن وقت الى اخر وقد وجدو في دراسة اخرى ان ترتيب التنازلي للنيماتودا حسب الأهمية في البلدان الأوربية جاء على النحو التالي :

1-*Heterodera* 2- *Globodera* 3- *Meloidogyne* 4- *Ditylenchus* 5- *Pratylenchus* 6- *Aphelenchoides* 7-*Xiphinema* 8- *Trichodorus* & *Paratrichodorus* 9-*Longidorus* 10- *Tylenchulus.*

أما النيماتودا الأكثر أهمية في البلدان العربية هي :

1- نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp 2- نيماتودا التقرح *Pratylenchus* spp
2- نيماتودا الموالح (الحمضيات) *Tylenchulus semipenetrans* 4- النيماتودا الحوصلية *Heterodera* spp 5- نيماتودا ثأليل الحبوب *Anguina tritici* -6 نيماتودا السيقان والابصال *Ditylenchus dipsaci* 7- النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus reniformis* 8- النيماتودا الحلزونية *Helicotylenchus*.

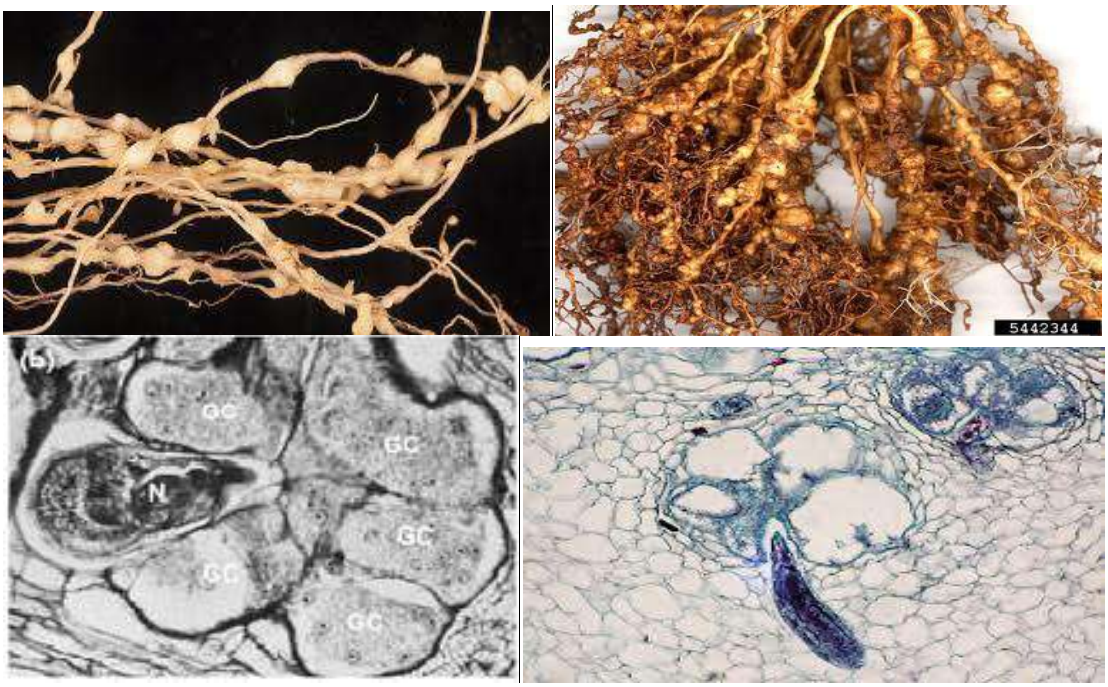
2

نيماتودا تعقد الجذور Root Knot Nematode

تعد نيماتودا تعقد الجذور أهم نيماتودا نباتية على الإطلاق كما يعتبرها الكثير من علماء أمراض النبات أحد أهم واخطر خمسة مسببات مرضية اقتصادية في العالم ويعود ذلك الى انتشارها الواسع في جميع أنحاء العالم ومداها العائلي الواسع وتعاونها مع الأحياء الأخرى وخاصة الفطريات والبكتريا في إحداث الكثير من الأمراض النباتية المركبة التي يصعب مكافحتها فضلا عن قدرتها على كسر مقاومة النباتات لبعض الأمراض الأخرى او إضعاف النبات وتهيئته للإصابة بأحياء ثانوية غير قادرة على الإصابة لوحدها تسبب خسائر اقتصادية فادحة للمحاصيل الزراعية خاصة في المناطق الدافئة والأراضي الرملية قد تصل إلى تلف كامل للمحصول وتشكل هذه النيماتودا جزءا كبيرا ومهما من علم النيماتودا وقد وضعت عدة مؤلفات خاصة بها وقامت حولها عدة مشروعات بحثية كبيرة وطنية ودولية أهمها المشروع الدولي IMP في الولايات المتحدة الأمريكية وشاركت به بعض الأقطار العربية.

الأعراض

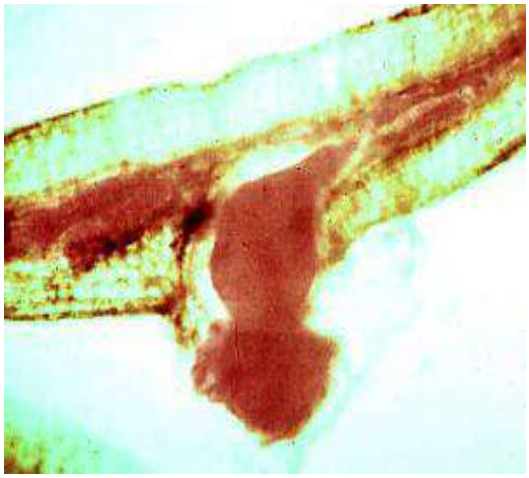
يعد وجود العقد الجذرية على جذور النباتات المصابة من أهم الأعراض المميزة لهذا المرض ومن هنا أتت التسمية بمرض تعقد الجذور النيماتودي لوجود العقد المميزة على المجموع الجذري وتتميز الأعراض التشريحية للجذور بوجود بضع **خلايا عملاقة Giant cells** وهي خلايا كبيرة الحجم ذات انويه متعددة حول رأس النيماتودا في منطقة الأسطوانة الوعائية تعمل على إمداد النيماتودا بالغذاء يعود تعدد الانوية فيها إلى انقسامات مباشرة متعددة



بدون حدوث انقسام سايتوبلازمي للخلايا بعد الانقسام النووي تتكون حوالي 5-6 خلايا في منطقة الاسطوانة الوعائية تتميز هذه الخلايا بسايتوبلازم حبيبي عادة ما يشكل كامل الخلية كما ان

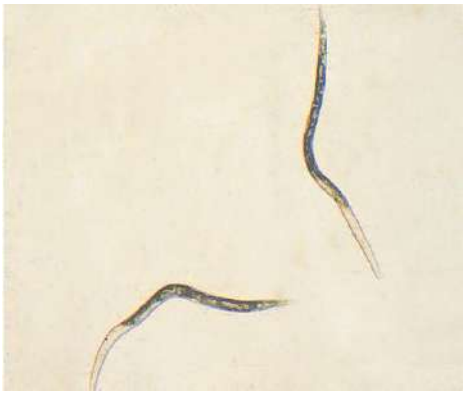
الفجوة الخلوية الكبيرة تتحول الى العديد من الفجوات الصغيرة وتتكون الخلية العملاقة في الأصل من خلية واحدة.

أما الأعراض على المجموع الخضري تشمل ضعفاً عاماً في نمو النبات يصاحبه اصفرار الأوراق كذلك ذبول وقت الظهيرة وتعد مشاهدة العلامات المرضية كوجود أكياس البيض على سطح العقد والإناث واليافعات داخل الجذور من ضروريات عملية التشخيص.



المسبب : نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp

تتخذ الإناث الناضجة شكلاً كمثرياً بينما تحتفظ اليافعات والذكور بشكلها الدودي ويتحول الى شكل السجق Sausage shape عند التطور إلى يافعات الطور الثالث والرابع أما البيوض توضع في كيس جلاتيني .

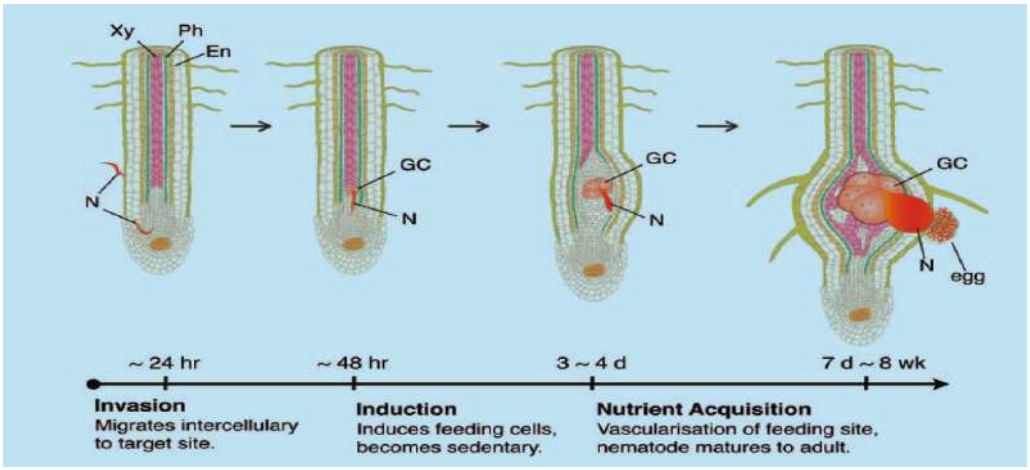


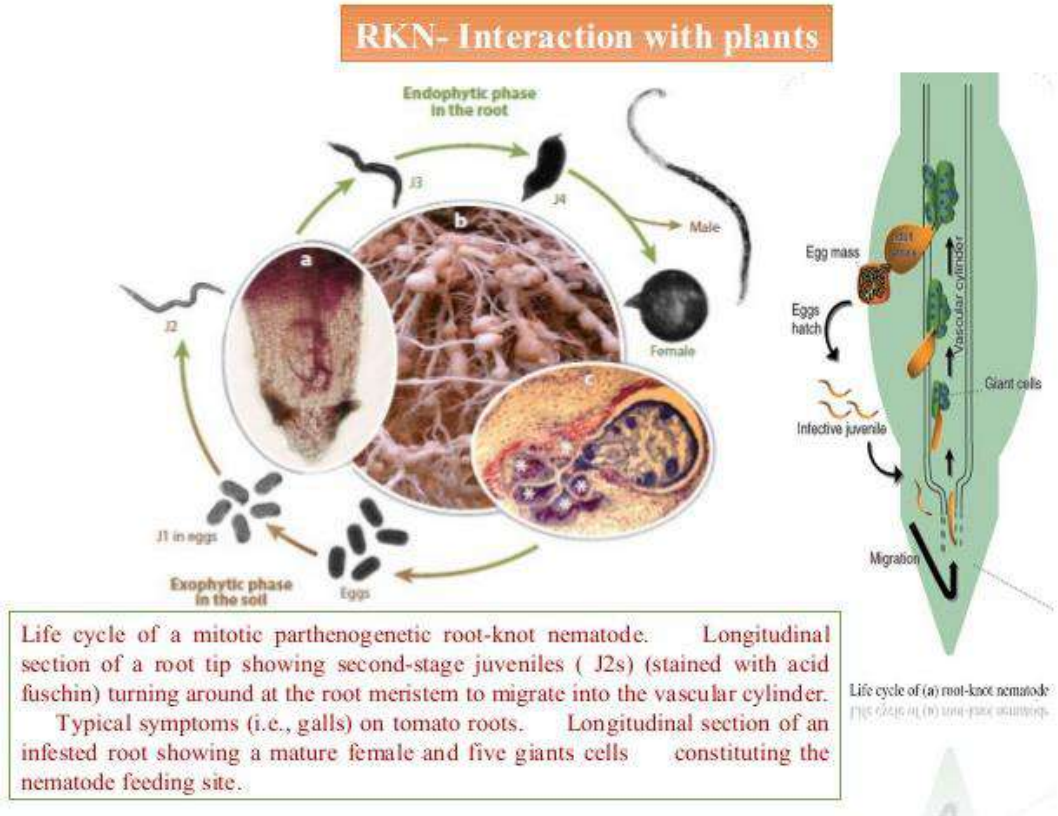
4

تعد الأنواع *M. javanica* ، *M. incognita* ، *M. hapla* ، *M. arenaria* هي الأكثر شيوعاً في الأراضي الزراعية.

دورة المرض:

تضع الإناث الناضجة البيض في أكياس جيلاتينية يبرز عادة على سطح الجذور ويتطور الجنين داخل البيضة ويتكون يافعات الطور الأول يحدث له انسلاخ داخل البيضة فتتكون يافعات الطور الثاني يفقس البيض عند توفر الحرارة والرطوبة المناسبتين تخرج يافعات الطور الثاني وهو الطور الضار والقادر على إحداث الإصابة ويخترق جذيرات النبات العائل عند القمة النامية للجذر عادة ويتحرك خلال طبقة القشرة ويستقر، وتبدأ اليافعة في استحثاث بضع خلايا عملاقة حول رأسها تستمد غذاءها من هذه الخلايا، في هذه المرحلة يبدأ تكوين العقد الجذرية وتستمر اليرقات في التغذية وتتطور إلى الأطوار اللاحقة حتى تصل إلى الأنثى البالغة.





Life cycle of a mitotic parthenogenetic root-knot nematode. Longitudinal section of a root tip showing second-stage juveniles (J2s) (stained with acid fuschin) turning around at the root meristem to migrate into the vascular cylinder. Typical symptoms (i.e., galls) on tomato roots. Longitudinal section of an infested root showing a mature female and five giants cells constituting the nematode feeding site.

Life cycle of (a) root-knot nematode

الانواع والسلالات :

يعرف ما لا يقل عن 80 نوعا من أنواع نيماتودا تعقد الجذور بعضها منتشر في جميع أنحاء العالم بينما يتركز البعض الآخر في مناطق بيئية معينة ويكاد لا يمر عام واحد بدون اكتشاف وصف نوع جديد أو أكثر من هذه النيماتودا وتعد الأنواع الأربعة التالية *M. javanica* ، *M. incognita* ، *M. hapla* ، *M. arenaria* هي الأكثر شيوعاً في الأراضي الزراعية في معظم أنحاء العالم إذ تشكل الأنواع الأربعة أكثر من 97% من مجموع الأنواع المعروفة من هذه النيماتودا في العالم ويمكن التمييز بين الأنواع المختلفة بعدة طرق من أشهرها طريقة النمط العجاني واختبار العوائل التفريقية وسجل أربع سلالات للنوع *M. incognita* وهي (سلالة 1 و 2 و 3 و4) مرضية وللنوعين *M. javanica* و *M. arenaria* سلالتان (سلالة 1 و 2).

السيطرة على المرض :

1- استخدام الطرق الزراعية وتشمل الدورة الزراعية ويقصد بها تعاقب زراعة محاصيل غير مفضلة للنيماتودا او بالامكان استخدام طرق اخرى للتخفيض من اعداد النيماتودا بالحقل عن طريق زراعة نباتات بعد موسم النمو مثل حشيشة السودان او القطيفة (الجعفري) هذه النباتات معروفة بانتاجها لمواد سامة للنيماتودا او غمر التربة بالماء او تعريض التربة لاشعة الشمس جميع هذه الطرق بامكانها ان تخفض من اعداد النيماتودا .

2- الاصناف المقاومة وجد الباحثون عدد من جينات المقاومة ضد انواع من *Meloidogyne* مثل Mi و Mi2 وMi8 في النباتات البرية للطماطة تكسب الطماطة مقاومة لهذه النيماتودا عند نقلها وقد انتجت العديد من الاصناف المقاومة الحاملة لجين المقاومة ومتوفرة في الاسواق التجارية ومع ان انتاج وزراعة الاصناف المقاومة تعتبر اكثر الطرق قبولا وامانا الا انها قد تكسر المقاومة من خلال ظهور سلالات جديدة للمرض.

3- استخدام المكافحة الاحيائية مثل استخدام الفطريات الصائدة للنيماتودا *Arthrobotrys conoides* كذلك البكتريا *Pasteuria* الممرضة لها في مكافحة نيماتودا تعقد الجذور وغيرها وهذه الطريقة تعتبر من الطرق الواعدة في مكافحة امراض النبات لديمومتها وامانها البيئي وقد طورت العديد من المبيدات الحيوية مثل DiTera الذي يحتوي على الفطر *Myrothecium* spp. فضلا عن العديد من المبيدات الحيوية المضادة للنيماتودا التي تعتمد على الفطريات المضادة *Trichoderma harzianum* و *Paecilomyces lilacinus*.

4- استخدام المستخلصات النباتية اظهرت العديد من المستخلصات تاثيرات مهمة خصوصا مسحوق الجت في مكافحة نيماتودا تعقد الجذور على الخيار .

5- التعقيم بالطاقة الشمسية يتم تغطية التربة بقطع كبيرة من النايلون المستخدم في اشهر الصيف لرفع درجة حرارة التربة لفترة شهر اذ يتم قتل العديد من المسببات المرضية وبذور الادغال.

6- المكافحة الكيميائية استخدام احد المبيدات الكيميائية المتخصصة على النيماتودا مثل فيوردان وتيميك وفايديت.

7- المكافحة المتكاملة تتضمن استخدام طرق متعددة سوية من اجل الحصول على نتائج فعالة وتقليل نواقص وأضرار الطرق المنفردة.

6

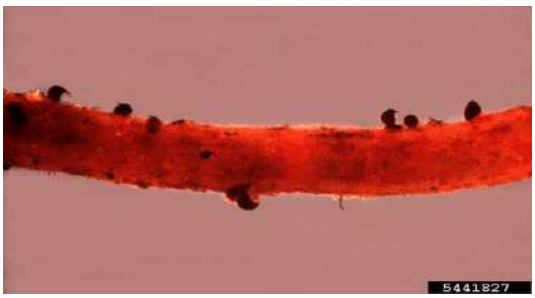
مرض التدهور البطيء في الحمضيات Slow decline disease

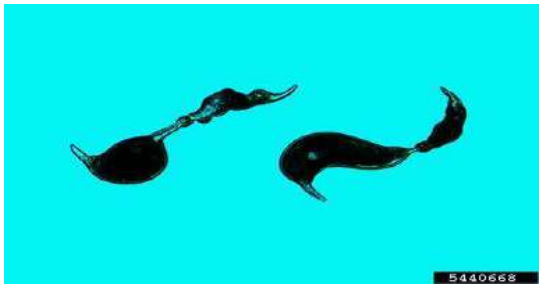
هو من اخطر أمراض الحمضيات وأشدها تأثيراً تظهر الأشجار المصابة ضعيفة النمو صغيرة الحجم الأوراق مصفرة تسقط مبكراً كما ان الأغصان العلوية تموت وتجف ابتداءً من أطرافها العلوية وتصبح الأغصان عارية تماماً من الأوراق وينعكس كل ذلك على كمية الثمار المنتجة ونوعيتها، لا يظهر على الجذور أعراض واضحة في بداية الإصابة ماعدا التصاق حبيبات التربة بكتل البيض الجلاتينية أما عند اشتداد الإصابة تظهر الجذور متقرحة ذات لو بني داكن يزداد مع تقدم الإصابة وقد تنفصل منطقة القشرة بسهولة عن منطقة الأسطوانة الوعائية.

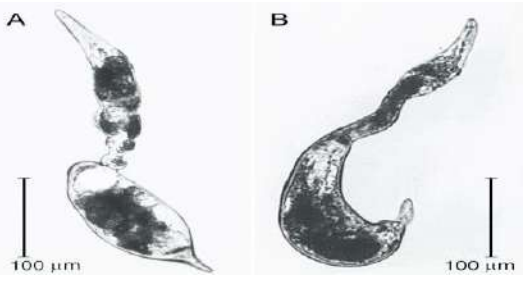
المسبب:- نيماتودا الحمضيات Citrus nematode

Tylenchulus semipenetrans

يتحور شكل جسم الأنثى عند النضج إلى الشكل الليموني في المنطقة البارزة من جسمها خارج جذر العائل بينما المقدمة مدفونة داخل قشرة الجذر وهي اسطوانية تقريبا وتمثل حوالي نصف الطول وقد يكون معظم جسم الأنثى بارزا خارج الجذر الذي يتحور إلى الشكل الليموني وللأنثى ذيل اسطواني مدبب في حين تحتفظ الذكور بشكلها الاسطواني الدودي، تضع الإناث بيضها في كتل هلامية على شكل تجمعات في التربة حول جذور النباتات أو على بعض الجذور المغذية.







دورة المرض:

يفقس البيض إلى يافعات الطور الثاني وتنسلخ ذكور يافعات الطور الثاني ثلاثة انسلاخات متتالية خلال (7-10) أيام دون تغذية. كما أن الذكور الكاملة لا تتغذى أيضا أما إناث يافعات الطور الثاني فتبدأ الإصابة بإختراق الطبقة الخارجية لقشرة الجذور بمقدمة جسمها وتبدأ بالتغذية على خلايا هذه الطبقة تنسلخ هذه اليافعات ثلاث انسلاخات متتالية بينها فترات قصيرة للتغذية حتى تصل إلى طور الإناث حديثة العمر. وفي خلال فترة التطور إلى الأنثى الناضجة الكاملة تستطيل مقدمة الأنثى وتخترق منطقة القشرة إلى مناطق أكثر عمقاً في تلك الأنسجة وتحدث فجوة صغيرة حول رأسها ثم تبدأ التغذية بتكوين بضع خلايا مغذية حول منطقة الرأس تسمى بـ Nurse cell تتكون هذه الخلايا في منطقة القشرة حول رأس النيماتودا وبالرغم من الزيادة في حجم الانوية والنويات إلا أن هذه الخلايا المغذية تحتفظ بكيانها وبحجمها الطبيعي مع زيادة سمك الجدر وفي كثافة السايتوبلازم واختفاء الفجوة الخلوية وفي الوقت نفسه ينتفخ الجزء الخلفي للأنثى خارج الجذر إلى الشكل الليموني تقريباً. يتم التكاثر بكرياً وتضع الأنثى الناضجة البيض في كتل جلاتينية تغطي تقريباً جميع أجزاء الأنثى خارج الجذر، تستغرق دورة الحياة 5-8 أسابيع عند حرارة 25 درجة مئوي مع توفر الظروف الملائمة.

الانواع والسلالات :

تقسم نيماتودا الحمضيات إلى ثلاث سلالات الأولى تسمى سلالة الموالح Citrus biotype التي تصيب اجناس كثيرة من Citrus كما تصيب العنب والزيتون والبرسيمون وتتكاثر عليها بشدة لكنها تتكاثر بشكل بسيط على البرتقال الثلاثي الأوراق وهجنه والسلالة الثانية هي سلالة البحر الأبيض المتوسط Mediterranean biotype وهي تصيب كل ما تصيبه سلالة الموالح باستثناء الزيتون لاتصيبه والسلالة الثالثة هي سلالة البرتقال الثلاثي الأوراق Poncirus biotype وهي تتكاثر بشكل جيد على البرتقال الثلاثي الأوراق وهجنه وكذلك على العنب ولكن لا تتكاثر على الزيتون .

السيطرة على المرض :

1- زراعة الشتلات الخالية من النيماتودا يمكن تخليص جذور الشتلات الحمضيات من النيماتودا بغمرها بماء حار بدرجة 45 مº لمدة 25 دقيقة.
2- زراعة الشتلات المطعمة على اصول مقاومة للنيماتودا.
3- استخدام المبيدات الكيميائية المتخصصة على النيماتودا والمذكورة سابقا.
4- اضافة نوع من اللهانة *Brassica hirta* بشكل سماد أخضر الى التربة يثبط فعالية نيماتودا الحمضيات ونيماتودا تعقد الجذور كونها تحتوي على Glucosinolate تتحلل الى مركبات سامة للنيماتودا بشكل مشتقات Isothiocyanate.

مرض ثأليل الحنطة Wheat seed gall disease

الأعراض

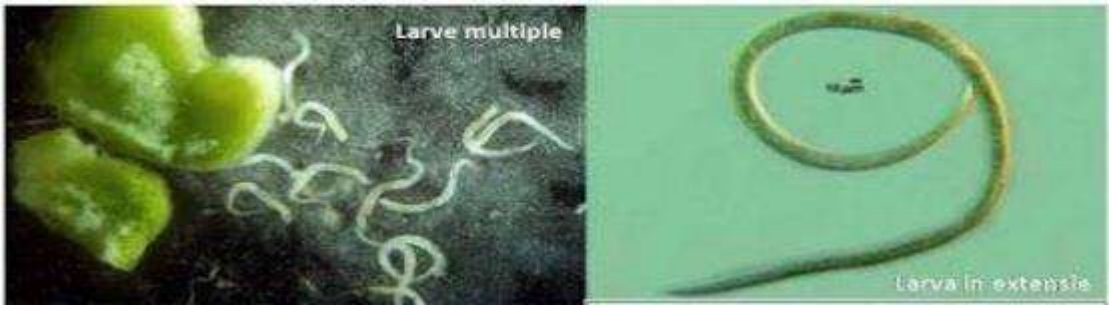
تبدأ الإصابة عندما تهاجم يافعات الطور الثاني بادرات الحنطة الصغيرة إذ تتطفل هذه اليافعات في البداية خارجياً على الأوراق بالقرب من قممها النامية، فتسبب لها تقزماً والتفافاً

وتجعداً. وبمجرد تكوين السنابل فأن اليافعات تخترقها وتستقر في مبايض الأزهار، حيث تكمل دورة حياتها ونتيجة لإصابة السنابل تتكون عقد بذرية (Seed gall) صغيرة سوداء اللون مجعدة بدلاً من الحبوب الطبيعية. تظهر السنابل المصابة اقصر من السليمة كما تتباعد عصفات الأزهار المصابة إلى الخارج مما يهل تكون العقد البذرية بداخلها. مما يزيد من خطورة المرض سهولة انتشاره عن طريق البذور المصابة التي تختلط مع البذور السليمة عند الحصاد وكذلك قدرة النيماتودا على السكون داخل العقد البذرية لفترات طويلة تصل لأكثر من 30 عاماً في المخازن. كما إنها تعد ناقلة ومتعاونة مع البكتيريا *Clavibacter tritici* لإحداث مرض لفحة السنابل على الحنطة.

المسبب:- نيماتودا ثأليل الحنطة Nematode seed gall

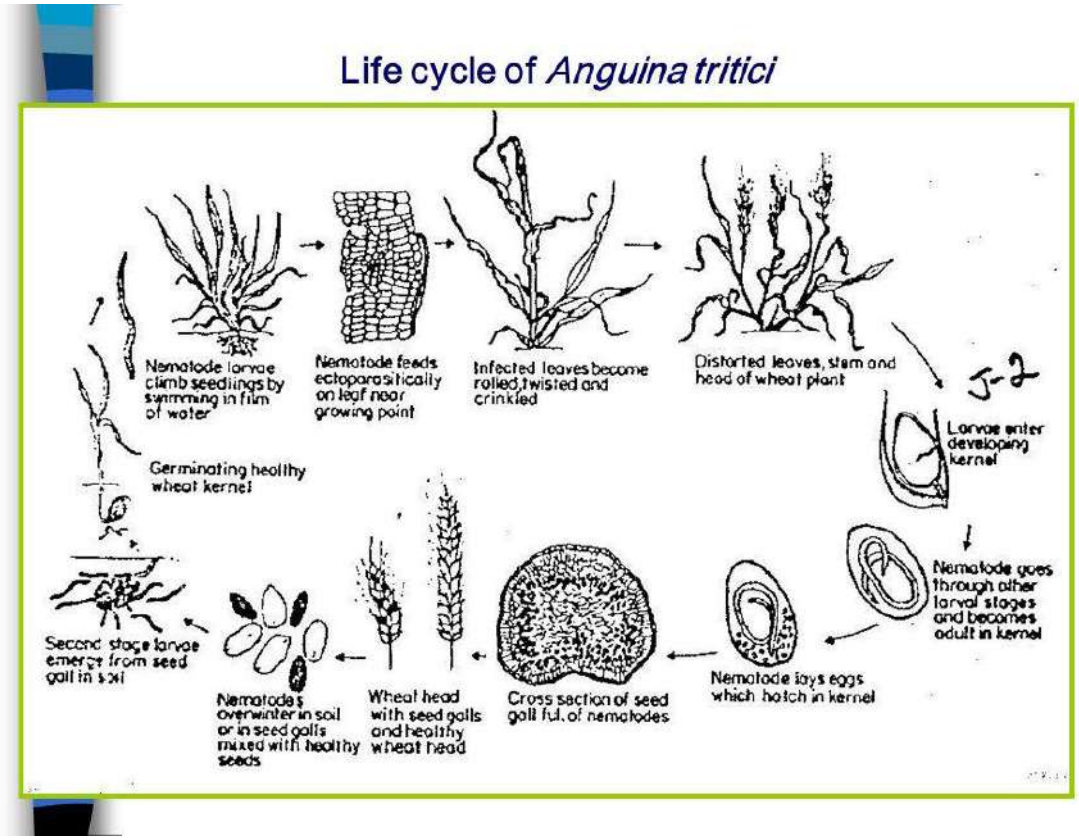
. Anguina tritici

نيماتودا ثأليل الحبوب (يافعات الطور الثاني والثالث والرابع والبالغات) تكون اسطوانية دودية الشكل



دورة المرض:

تبدأ دورة المرض بمهاجمة يافعات الطور الثاني للأوراق والسنابل ويتم التطور الكامل لليافعات الى الطور الكامل داخل مبايض الأزهار التي تتحول في هذه المرحلة إلى عقد بذرية وتضع الإناث الآلاف من البيض داخل العقدة ومن ثم يفقس الى يافعات الطور الثاني التي تدخل في سكون تام الى موسم الزراعة حيث تخرج هذه اليافعات من العقد في التربة الرطبة ومن ثم تبدأ الإصابة مرة أخرى تستغرق دورة الحياة موسماً كاملاً تحوي العقدة البذرية الواحدة على حوالي 30000 يافعة تعد العقد البذرية بما تحويه من أطوار نيماتودية مقاومة للجفاف.



الانواع والسلالات :

هناك سلالتين منفصلتين لتشابههما مورفولوجيا واختلافهما في العوائل المصابة الأولى تصيب أصناف القمح وتسبب مرض ثأليل القمح والثانية تصيب أصناف الشعير وتسبب مرض ثأليل الشعير ولكن يعتقد البعض بان هناك اختلافات مورفولوجية بين السلالتين قد تؤدي إلى فصلهما إلى نوعين مختلفين.

السيطرة على المرض :

تعتبر مكافحة ثاليل الحبوب امر يسير اذ روعيت بعض الاجراءات الزراعية التي تكفل عدم انتقال العقد البذرية من الحقول الموبوءة الى السليمة وبالنسبة للحقول الموبوءة فان تطبيق بعض التدابير المناسبة كافية للقضاء على المسبب المرضي ومن اهم الطرق المتبعة في الوقاية من هذا المرض هو :

1- اتباع الدورات الزراعية لمدة سنة الى سنتين للتخلص من النيماتودا في التربة
2- النظافة الصحية الزراعية
3- زراعة الاصناف المقاومة
4- الفصل الميكانيكي للثاليل من البذور
5- التغطيس بالماء الساخن.
6- غمر الحبوب بمحلول مالح 20% اذ تطفو الثاليل على سطح المحلول ويتم التخلص منها ثم تغسل البذور النظيفة.

نيماتودا الحوصلات Cyst Nematode

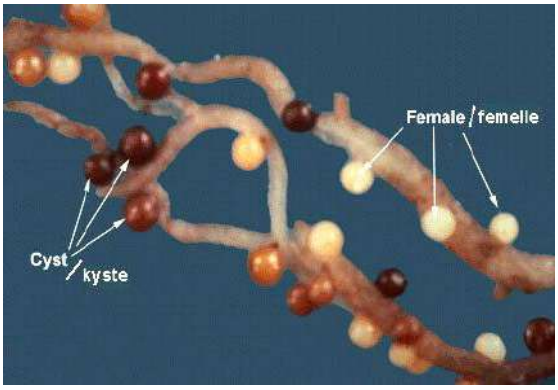
تضم هذه المجموعة اجناسا متقاربة هي *Globodera* و *Heterodera* و *Punctodera* ويعد الجنسين الاول والثاني هما الأهم اقتصاديا والاكثر انتشارا ويمكن التمييز بين الاجناس الثلاثة حسب شكل الحوصلة (ليمونية او مستديرة او بيضوية) سميت نيماتودا الحوصلات بهذا الاسم لان جسم الأنثى يتحول بعد موتها في نهاية الموسم الى حوصلة صلبة (Cyst) مقاومة تحتوي بداخلها على البيض وتحمي الحوصلة البيض من المؤثرات الخارجية لفترات طويلة قد تصل الى 4 او 5 سنوات كما انها تشكل صعوبة كبيرة في مكافحة النيماتودا.

تعتبر نيماتودا الحوصلات من اهم الافات النيماتودية على كثير من المحاصيل الزراعية وخاصة في المناطق الباردة وتعد محاصيل البطاطا وفول الصويا وبنجر السكر والقمح من اهم عوائلها الاقتصادية وقد لاتقل اهميتها في كثير من المناطق في العالم وخاصة في اماكن انتشارها في اوربا وامريكا الشمالية عن اهمية نيماتودا تعقد الجذور كما ان لها وجودا وتاثيرا في المناطق الدافئة مثل الوطن العربي سجلت الجنس *Heterodera* في العراق على محصول البنجر السكري من قبل زهير عزيز اسطيفان 1986.

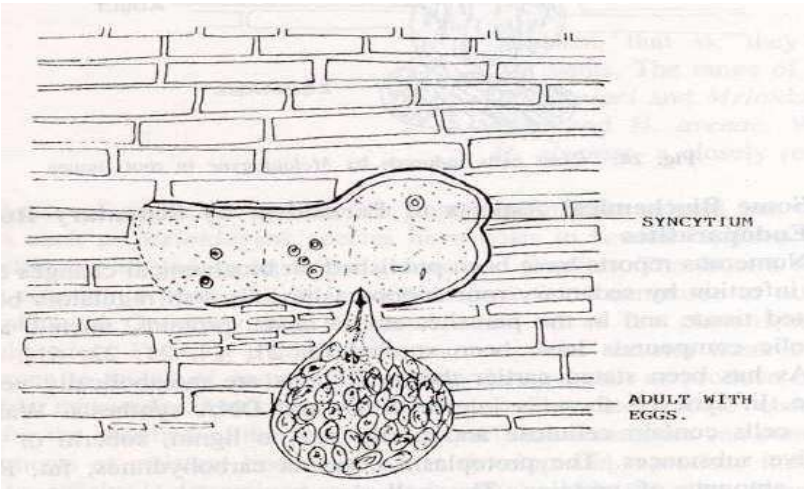
الأعراض

تشبه الاعراض التي تسببها نيماتودا الحوصلات على المجموع الخضري الى حد كبير اعراض نيماتودا تعقد الجذور من حيث الضعف العام للنبات المصاب والاصفرار والذبول المؤقت وموت البادرات في حالات الاصابة المبكرة الشديدة اما على الجذور فلا نلاحظ وجود للعقد كما هو الحال في تعقد الجذور وانما يلاحظ ضعف في نمو الجذور واحيانا يصاحب ذلك نمو غزير للجذور الثانوية ويمكن مشاهدة الاناث الناضجة والحوصلات بالعين المجردة وهي متصلة بالجذر من الخارج.

11



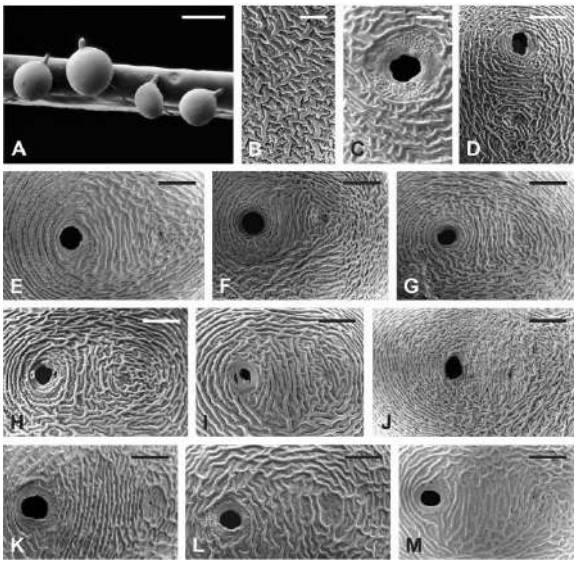
اما الاعراض التشريحية في الجذر فتتمل بوجود خلايا كبيرة الحجم عبارة عن اندماجات خلوية Syncytia حول رأس النيماتودا في منطقة الاسطوانة الوعائية ويعتبر تحلل جدر الخلايا المشاركة اساسيا لتكون هذه الخلايا ويعد وجود الاناث الناضجة والحوصلات على سطح الجذر اهم علامات التشخيص.



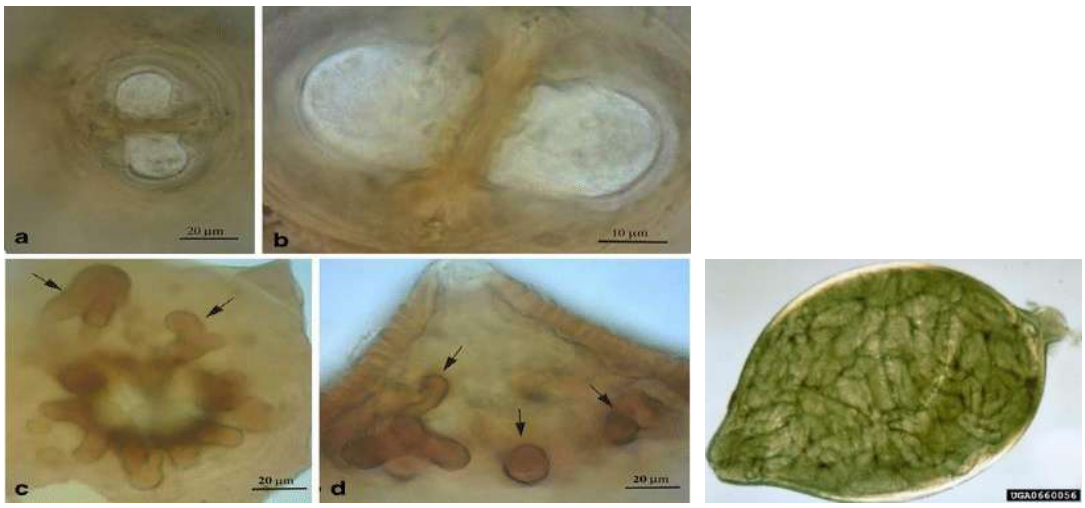
المسبب:-

ثلاثة اجناس وهي : *Globodera* و *Heterodera* و *Punctodera* ويعد الجنسين الاول والثاني هما الأهم اقتصاديا والاكثر انتشارا ويمكن التمييز بين الاجناس الثلاثة حسب شكل الحوصلة (ليمونية او مستديرة او بيضوية)

الجنس *Globodera* : تتميز اناث وحوصلات الجنس *Globodera* كروية الشكل بنهايتها الخلفية المستديرة غير البارزة وبالرغم من ذلك تحتوي على تركيب يشبه القمع الفرجي في حوصلات الجنس *Heterodera* يحتوي على أجسام بيولية وقنطرة ويحتوي القمع الفرجي على تدرنات ناتئة .



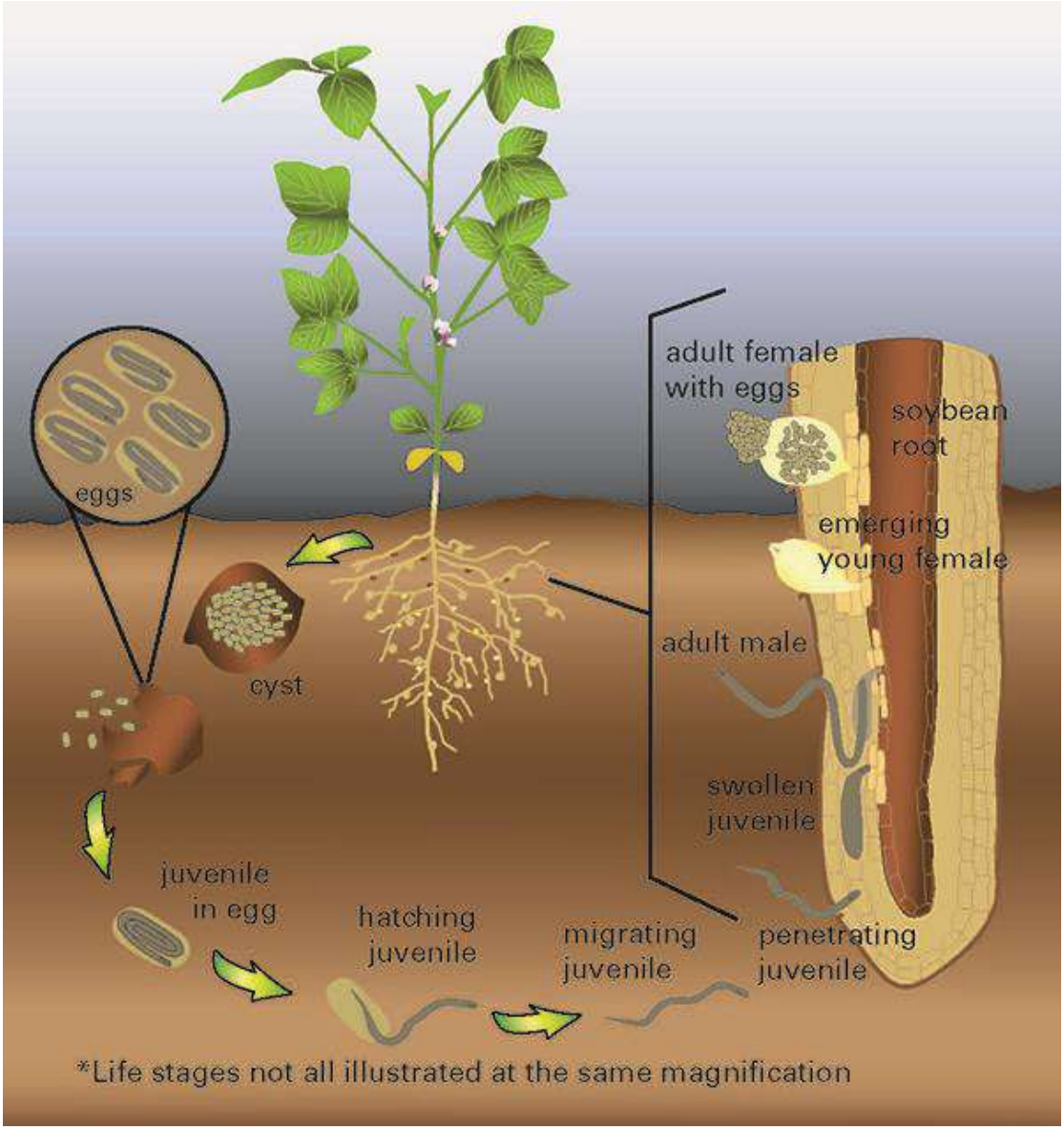
الجنس *Heterodera* : يتميز هذا الجنس بشكله الليموني يتميز بوجود تركيب القمع الفرجي في النهاية الخلفية البارزة للحوصلة ولهذا التركيب أهمية خاصة في التصنيف المورفولوجي لأنواع وأجناس نيماتودا الحوصلات توجد الفتحة التناسلية في النهاية الطرفية للقمع الفرجي وتحاط عادة بشفتين تكونان ما يعرف بالقنطرة الفرجية



13

دورة المرض :

تشبه الى حد كبير دورة حياة نيماتودا تعقد الجذور لكنها قد تكون اطول في بعض الحالات بنحو اسبوع او اسبوعين تتحول الاناث الى حوصلة صلبة في نهاية الموسم وتكون مملوءة تماما بالبيض وتعطي القدرة على التحوصل حماية كبيرة من الظروف البيئية الخارجية لفترات طويلة قد تصل الى بضع سنوات عند غياب العائل وعند زراعة العائل المناسب يتم تنبيه البيض بواسطة منبه خاص يفرز من جذور العائل ويعرف بعامل الفقس Hatching Factor ليفقس البيض داخل الحوصلة وتخرج الى يافعات الطور الثاني الى التربة وهو الطور الوحيد القادر على احداث الاصابة وتبدأ الاصابة باختراق جذور العائل ومن ثم يتم التطور كما في نيماتودا تعقد الجذور واثناء تطور الانثى تتهتك الانسجة الخارجية لقشرة الجذر ويبرز الجزء الخلفي لجسم الانثى خارج الجذر ويستمر في التضخم الى ان يتكون الشكل المميز للانثى الناضجة.



السيطرة على المرض :

1- استخدام الدورة الزراعية
2- استخدام الاصناف المقاومة للمرض
3- الحراثة والتشميس بامكانها ان تخفض من كثافة النيماتودا
4- التبوير من الوسائل الفعالة في خفض كثافة نيماتودا الحوصلات
5- موعد الزراعة اثبتت البحوث ان التبكير بالزراعة بامكانها التقليل من الاصابة بالمرض.
6- التسميد المعدني تعد الاسمدة غير العضوية التي تحتوي على النتروجين الامونيومي او اية صورة اخرى من التجهيزات النيتروجينية يمكنها خفض اعداد النيماتودا بالتربة.
7- المكافحة الاحيائية باستخدام الفطريات المفترسة وخاصة *Verticillium chlamydosporium* حيث يفترس كلا من بيض واناث النيماتودا.
8- المبيدات النيماتودية ومنها الاوكساميل والكاربوفيوران والفيناميفوس .

نيماتودا تقرح الجذور Root Lesion Nematodes

تعتبر من اهم الاجناس التي تتطفل وتتجول داخل الجذر وهي تنتشر في جميع انحاء العالم تقريبا سميت بهذا الاسم لما تسببه من تقرحات شديدة على المجموع الجذري مسؤولة عن تدهوره وبالتالي حساسية النباتات المصابة للجفاف مما يؤدي الى انخفاض كبير في النمو الخضري والانتاج .

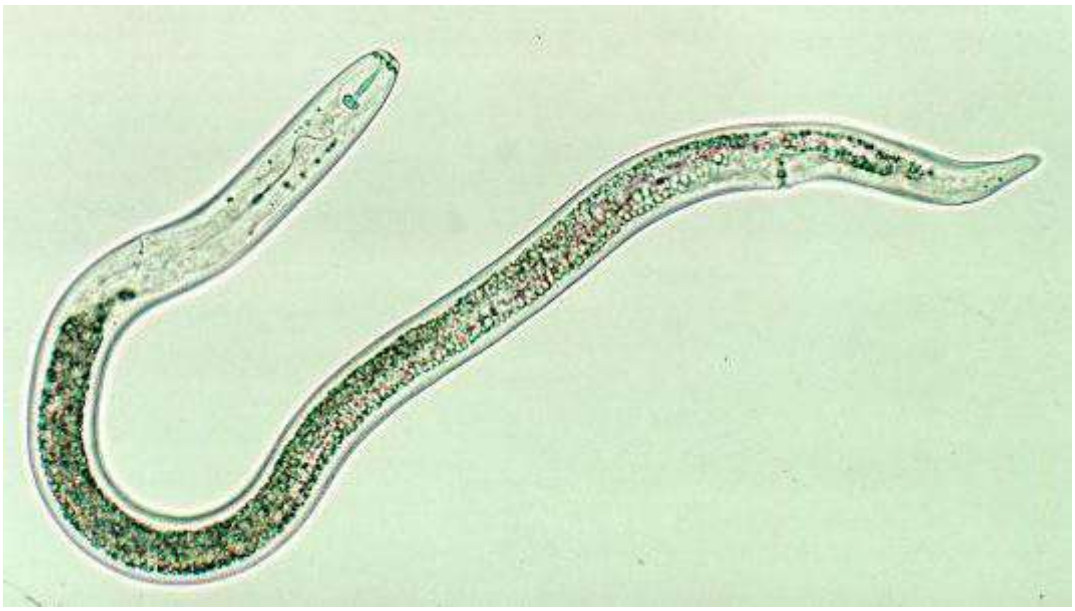
الأعراض

تظهر الاعراض على المجموع الخضري للاشجار والشجيرات عادة ببطء وتتمثل هذه الاعراض بضعف عام في النمو وتقزم بحجم الاوراق وشحوب لونها وقد يصاحب ذلك موت للافرع الطرفية Die-back اما على النباتات العشبية فتتمثل الاعراض في تقزم النمو واصفرار اللون واعراض تشبه اعراض نقص الماء والعناصر الغذائية نتيجة للضرر الكبير على الجذور مما يؤدي الى نقص كبير في كفاءتها في امتصاص الماء والاملاح.

اما الاعراض على المجموع الجذري اكثر تخصصا وتتميز بوجود بقع متقرحة مستطيلة نوعا ما تبدأ على هيئة بقع صغيرة سطحية بنية اللون تزداد في الحجم مع اشتداد الاصابة وتندمج مع البقع الاخرى لتغطي معظم الجذر وتصبح شديدة وغائرة ذات لون بني داكن وتنتج هذه التقرحات عن تغذية النيماتودا على انسجة القشرة بالاضافة الى الضرر الميكانيكي الذي تحدثه حركة الاطوار المختلفة داخل الجذر .

المسبب:-

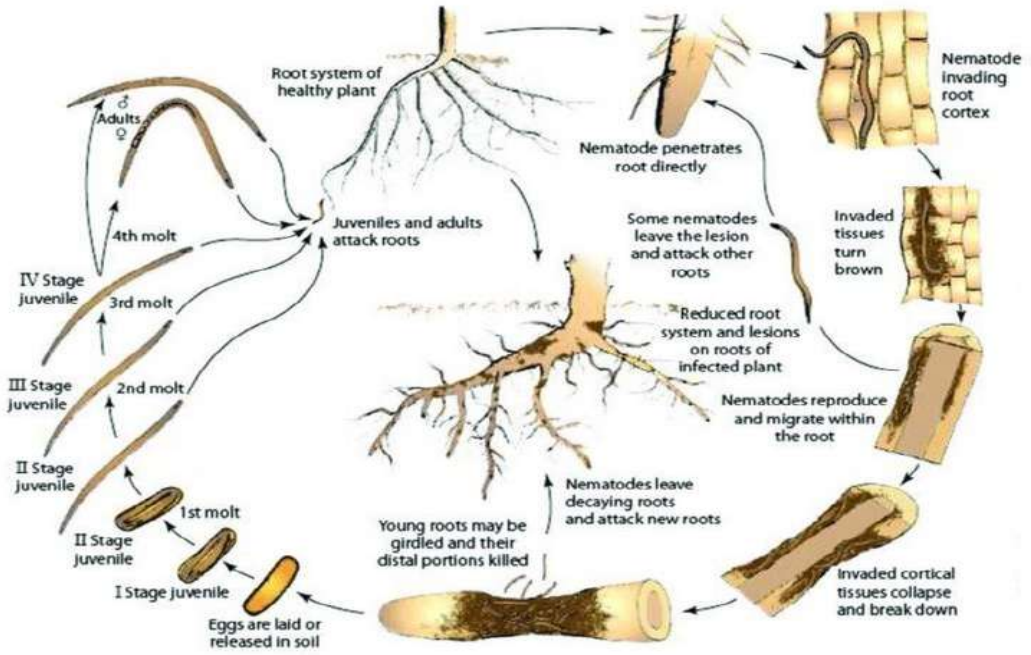
يعود الى الجنس *Pratylenchus* وهو يضم اكثر من 166 نوعا معظمها طفيليات داخلية متجولة ومن اهم انواعها هي *Pratylenchus penetrans* و *P.coffeae* و *P.zeae* لايوجد تباين مورفولوجي بين الاناث والذكور كما في تعقد الجذور ونيماتودا الحوصلات جميع الاطوار ذات شكل دودي اسطواني وتمتلك رمحا قصيرا وقويا والذكور مزودة بجراب تناسلي.



دورة المرض:

تتكاثر النيماتودا جنسيا وتضع الانثى البيض فرديا او في مجاميع صغيرة داخل نسيج الجذر يفقس البيض اما داخل الجذر او في التربة عند تهتك الجذور الى يافعات الطور الثاني وتتحرك في التربة لفترة محدودة ثم يخترق لجذر ليكمل دورة حياته تتحرك جميع الاطوار ماعدا يافعات الطور الاول بحرية داخل الجذر وقد تتركه وتغادر الى التربة ثم تعود لتخترق الجذر نفسه او

جذر مجاور ولهذا فان جميع الاطوار بامكان مهاجمة الجذر تستغرق دورة حياتها حوالي 45-65 يوما وتقضي جميع اطوارها فترة التشتية عدا الاناث الكاملة التي يظهر انها لاتتحمل فترة الشتاء البارد.



Ciclo de vida (Pratylenchus spp.) (Agrios, 1997).

السيطرة على المرض :

1- استخدام الاصناف المقاومة للمرض.
2- المكافحة الحيوية باستخدام الفطر *Trichoderma harzianum* و *T.rossei*.
3- استخدام النباتات المضادة للنيماتودا في المكافحة مثل نباتات القطيفة حيث اعطت نتائج ايجابية في خفض اعداد النيماتودا النهائية.
4- استخدام الدورات الزراعية وتشميس التربة لها دور في التقليل من الكثافة العددية للنيماتودا.
5- استخدام الاسمدة العضوية وغير العضوية مثل الكمبوست (مخلفات صناعية غذائية او مخلفات القمامة وغير العضوية) او مخلفات الحيوانات لها دور في خفض اعداد النيماتودا.
6- المكافحة الكيميائية باستخدام المبيدات الجهازية مثل الالديكارب والاوكساميل لها فعالية عالية في مكافحة نيماتودا التقرح.

طرق مكافحة النيماتودا

مصطلح "المكافحة" يعنى التحكم وإبقاء شدة المرض عند مستوى أو أقل من حد الضرر الاقتصادي. وتعنى مكافحة النيماتودا استخدام أكثر الطرق وأرخصها في خفض الكثافة العددية للنيماتودا إلى القدر الذى يسمح بإعطاء محصول اقتصادي يفوق تكاليف عملية المكافحة وما يتبعها من نفقات .

فوائد مكافحة النيماتودا

لا تقتصر فوائد مكافحة النيماتودا على تلك الفوائد الواضحة المباشرة في زيادة المحصول وتحسين نوعيته بل تمتد لتشمل بعض الفوائد الأخرى المهمة غير المباشرة التي قد لا تكون واضحة أو يمكن قياسها بسهولة مثل-:

1. من خلال مكافحة النيماتودا في التربة يمكن أيضاً مكافحة الفطريات والبكتريا والفيروسات التي تظهر فقط مع وجود النيماتودا في التربة وكذلك مكافحة الكثير من الفطريات والبكتريا المترممة التي تزيد من تعفنات الجذور من خلال مهاجمتها للأجزاء المصابة بالنيماتودا كالعقد والتقرحات وغيرها.
2. تؤدى مكافحة النيماتودا إلى إنتاج مجموع جذري سليم وكبير وبالتالي كفاءة عالية للجذور في امتصاص الماء والعناصر المعدنية من التربة وهذا من شأنه توفير كميات كبيرة من مياه الري والأسمدة
3. تؤدى مكافحة النيماتودا إلى تماثل في نمو النباتات ونوعية الإنتاج وانتظام في مواعيد العمليات الزراعية كالحصاد او الجني وغير ذلك وهذا ما يسهل عمليات التسويق وزيادة الأرباح
4. تؤدى مكافحة النيماتودا إلى زيادة العائد والفائدة من مكافحة الآفات الأخرى فمكافحة الحشرات والأمراض مثلاً بدون مكافحة النيماتودا على النبات نفسه قد لا تؤدى إلى النتائج المتوقعة في زيادة كمية ونوعية المحصول فيصبح الإنفاق على مكافحة هذه الآفات بدون مكافحة النيماتودا قليل العائد والفائدة

تقسم طرق مكافحة النيماتودا الى ثلاث مجموعات رئيسية هي:

اولاً: الطرق الوقائية Preventive methods

تهدف هذه الطرق الى منع وصول او انتشار النيماتودا من مكان الى اخر سواء من بلد الى اخر او داخل المنطقة او حتى المزرعة وتعد هذه الطرق إجراءات وقائية وتشمل هذه الطرق مايلي :

1. **الحجر الزراعي Quarantine:** تعتمد معظم دول العالم نظام الحجر الزراعي فتصدر القوانين والتشريعات لمنع وصول الأفات الزراعية الىها عن طريق انتقال النباتات او الأجزاء التكاثرية اليها كالبذور والعقل والدرنات والأبصال وتشمل انظمة الحجر الزراعي عادة على نوعين من القوانين:
2. **النظافة الصحية Sanitation** : تعد اجراءات النظافة الصحية ضرورية ومهمة جداً وخاصة في المشاتل حيث تنتج الشتلات والأصول ومنها توزع الى الحقول القريب منها اوالبعيد. ولذلك يجب

معاملة تربة المشاتل معاملة جيدة بالمبيدات النيماتودية او بواسطة بخار الماء والتأكد من خلوها تماماً من النيماتودا او غيرها من احياء التربة الممرضة. كما تشمل التخلص بشكل مستمر من الحشائش لأنها مصدراً دائماً للعدوى بالنيماتودا التي تصيبها مثل نيماتودا تعقد الجذور.

3. **استعمال بذور او تقاوي خالية من المرض Nematode- free planting stocks**: بالرغم من اهمية استخدام تقاوي خالية من المرض ومعتمدة الا ان كثيراً من المزارعين لا يزال ينتج او يشتري ويستعمل بذور وتقاوي او شتلات مصابة ومن امثلة ذلك انتشار نيماتودا ثأليل الحنطة عن طريق البذور.

ثانياً: طرق المكافحة ذات الكفاءة العالية واسعة الاستخدام Current effective and widely used control practices

تشمل ثلاث طرق رئيسية للمكافحة وتتميز بأنها ذات كفاءة عالية في مكافحة النيماتودا هي-:

1. استعمال الأصناف المقاومةResistant cultivars

يعتبر انتاج واستعمال الأصناف المقاومة من أنجح الطرق وأكثرها كفاءة واقتصادية لمكافحة نيماتودا النبات. ولعل ذلك يعود إلى أن الإصابة بالنيماتودا ذات طبيعة متخصصة إلى حد ما، وكذلك إلى الانتشار البطيء والبقاء الطويل للنيماتودا في التربة، بالإضافة إلى التكلفة العالية نسبيا لطرق المكافحة الفيزيائية والكيميائية، وإلى التأثيرات البيئية الضارة للمبيدات . ويعتبر الصنف مقاوماً resistant اذا كان تطور وتكاثر النيماتودا عليه بدرجة قليلة جدا، بينما يعتبر قابلاً للإصابة susceptible متى كان مناسبا لتطور وتكاثر النيماتودا عليه بأعداد كبيرة. أما من حيث درجة تضره بالإصابة فإما أن يكون الصنف متحملاً للإصابة tolerant، حيث لا يحدث له ضرر كبير حتى وان اصيب بأعداد كبيرة من النيماتودا، آو آن يكون الصنف غير متحمل للإصابةintolerant ، حيث يكون حساسا للإصابة ويتضرر كثيراً ولو بأعداد قليلة من النيماتودا .ومن الطبيعي أن يكون الصنف المقاوم والمتحمل للإصابة هو المرغوب فيه بالدرجة الأولى، لأنه يعمل على خفض تكاثر النيماتودا عليه، وفي الوقت نفسه لا يتضرر إلا قليلاً جدّا وإن زرع في تربة ذات كثافة ابتدائية عالية، ونتيجة لذلك يعطي محصول عاليا بالإضافة إلى خفض كثافة لنيماتودا في التربة بكفاءة عالية .

2. الدورة الزراعية Crop rotation

يعد اتباع نظام الدورة الزراعية من انجح الطرق واكثرها فعالية واستعمالاً في مكافحة نيماتودا النبات.

3. المكافحة الكيميائية Chemical control

يقصد بها استعمال مركبات كيميائية تعرف بالمبيدات النيماتودية لمكافحة نيماتودا النبات سواء الموجودة في التربة او داخل انسجة النبات. ومن اهم مميزات مبيدات النيماتودا قدرتها على خفض كثافة النيماتودا خلال فترة قصيرة مما يسمح بوقاية البادرات الصغيرة والحساسة من الإصابة المبكرة، كما ان بعض هذه المبيدات متعدد الأغراض.

أنواع المبيدات الكيميائية

تختلف مبيدات النيماتودا في نشاطها الكيميائي والحيوي وكذلك في سلوكها في التربة وتقسم مبيدات النيماتودا وفقاً لسلوكها في التربة الى نوعين رئيسيين هما-:

1. **المبيدات المدخنة (مدخنات التربة) Fumigant nematicides**

تستخدم هذه المركبات في تدخين التربة لذلك تسمى بمدخنات التربة إذ تحقن تحت سطح التربة فتتحول الى الحالة الغازية على شكل ابخرة سامة تتحرك خلال الفراغات الهوائية بين حبيبات التربة ولكي تصل الى النيماتودا وتقتلها لا بد من اختراقها للغشاء المائي المحيط بالنيماتودا وتعد هذه المبيدات ذات كفاءة عالية في خفض كثافة النيماتودا، الا انه اتضح فيما بعد ان بعض هذه المركبات ذات تأثيرات بيئية ضارة خاصة في تلويث المياه الجوفية لذلك فقد منع استخدامها مثل غاز مثيل بروماید ، EDB، D-D.

2. **المبيدات غير المدخنة Non- fumigant Nematicides**

هي مركبات غير قابلة للتطاير على شكل حبيبات او مستحلبات سائلة يمكن استعمالها رشاً على النموات الخضرية للنبات او على سطح التربة وحياناً مع مياه الري ويتم انتشارها مع حركة مياه التربة ويتركز نشاطها حول مناطق الجذور وبالقرب من سطح التربة. وتتميز المبيدات غير المدخنة بأنها غير سامة للنبات عند التراكيز الموصى بها ولكنها سامة للثدييات مثل مبيدات الفسفورية العضوية ومبيدات الكاربامیتية العضوية.

أهم المبيدات النيماتودية المستخدمة في مكافحة نيماتودا النبات

الاسم العام	الاسم التجاري	التجهيز	الاستعمال	المجموعة الكيميائية
الديكارب Aldicarb	تيميك Temik	محبب - سائل	نيماتودي حشري اكاروسي	كربماتية
اوكساميل Oxamyl	فايديت Vydate	سائل	نيماتودي حشري اكاروسي	كربماتية
ايثوبروب Ethoprop	موكاب Mocap	محبب	نيماتودي - حشري	فسفوري
دازوميت Dazomet	بازاميد Basamid	محبب	نيماتودي - حشري	مثيل ايزوتيوسيانات
فيناميفوس Fenamiphos	نيماكور Nemacur	سائل	نيماتودي - حشري	فسفورية
كادوسافوس Cadusafos	رجبي Rugby	سائل- حبيبي	نيماتودي -حشري	فسفورية
كاربوفيوران Carbofuran	فيوريدان Furadan	محبب	نيماتودي حشري اكاروسي	كربماتية

مبيدات النيماتودا الكيموحيوية:

تم تطوير عدد من المبيدات النيماتودية من مواد كيميائية هي من نواتج الاحياء الاخرى ومنها:

1- Clandosan: مبيد بشكل حبيبات ينتج من عمليات تصنيع الهياكل العظمية لبعض الانواع من الاسماك البحرية هذه المواد تحتوي على كميات كبيرة من الكايتين واليوريا وسجلت كمبيد نيماتودي سنة 1998 ويبدو ان الية التاثير هي تشجيعه للاحياء الدقيقة المضادة للنيماتودا خاصة المنتجة لانزيمات Chitinase حيث يشكل الكايتين نسبة مهمة من قشور بيض النيماتودا.

2- Sincocin : هو مزيج من مستخلص الكمثرى الشوكية والبلوط والسماق ونبات البرعبان اثبت هذا المبيد فاعلية ضد نيماتودا الحمضيات على البرتقال والنيماتودا الكلوية على عباد الشمس اما الية تاثيره غير معروفة لحد الان.

3- DiTera : ينتج الفطر المتطفل على النيماتودا *Myrothecium verrucaria* مزيجا من مواد مختلفة مضادة للنيماتودا سجلت كمبيدات عام 1996 وان سمية هذا المبيد يرجع الى مواد ذائبة في الماء منخفضة الوزن الجزيئي وهو فعال ضد النيماتودا الممرضة للنبات فقط.

ثالثاً: طرق المكافحة الخاصة Specialized control methods

تشمل هذه المجموعة العديد من الطرق اهمها-:

1. **الحرارة**:
تعد من افضل الطرق الفيزيائية الخاصة واكثرها استعمالاً في مكافحة النيماتودا بإستخدام بخار الماء على نطاق واسع لمعاملة ترب البيوت المحمية والمشاتل لمكافحة النيماتودا وكذلك المسببات المرضية الأخرى.
2. **التعقيم الشمسي للتربة Soil solarization :**
تعد الأستفادة من الطاقة الشمسية في تسخين التربة من الطرق الحديثة نسبياً في خفض كثافة النيماتودا في التربة قبل الزراعة.
3. **تبوير الأرض Fallowing :**
تعد من الطرق الناجحة كثيراً في الوطن العربي خاصة تلك التي تنقل بالأمطار وتستمر بصيف طويل حار ويقصد بتبوير الأرض عدم زراعتها ومنع نمو اي نبات فيها لفترات مختلفة وذلك بالحرث المتكرر او استعمال مبيدات الحشائش. وتؤدي عملية التبوير الى خفض كثافة النيماتودا في التربة عن طريق عاملين هما-:

أ. حرمان النيماتودا من الغذاء بغياب العائل النباتي.

ب. موت النيماتودا نتيجة الجفاف والحرارة فالحرث المتكرر سيعرض سطح التربة للجفاف والحرارة بفعل الرياح والشمس.

4. **موعد الزراعة Time planting**

يؤدي تقديم او تأخير موعد الزراعة الى تجنب الإصابة المبكرة وتقليل الخسائر في بعض الحالات، الا ان هذه الطريقة ذات فعالية قليلة في خفض كثافة النيماتودا في التربة.

5. **إضافة المواد العضوية الى التربة : Organic matter** تؤدي اضافة المواد العضوية الى خفض كثافة مجتمع النيماتودا في التربة عن طريق تشجيع نمو الأعداء الحيوية للنيماتودا كالفطريات.
6. **إزالة او إبادة النباتات المصابة :Removal or destruction of infected plants** ينصح فور الأنتهاء من جمع الحاصل بإزالة النباتات وقلب التربة وتعريض الجذور الى الهواء والشمس لتجفيفها وذلك لخفض كثافة النيماتودا في التربة.

المكافحة الأحيائيةBiological control

تعرف بأنها استخدام كائن حي في مكافحة كائن حي اخر، من اهم الأعداء الطبيعية للنيماتودا هي-:

أ. الفطريات: توجد في التربة العديد من لفطريات التي تهاجم النيماتودا او تتغذى عليها بطرق مختلفة وتقسم الفطريات الى ما يلي-:

1. **فطريات متطفلة** : هي متطفلات اجبارية داخلية في التربة تتطفل على النيماتودا عن طريق التصاق جراثيمها اللزجة على جدار جسم النيماتودا ومن الأمثلة عليها *Nematophthora* و *Meria* و*Catenaria* .
2. **فطريات مفترسة**: توجد في التربة بهيئة غزل فطري وتصطاد فريستها من النيماتودا بأعضاء اصطياد خاصة تتكون على الغزل الفطري وعند اصطياد الفريسة يخترق الغزل الفطري جسم النيماتودا ويتغذى على جميع محتوياتها.
3. **الفطريات الممرضة**: هي فطريات موجودة في التربة تستطيع مهاجمة الأطوار التكاثرية لنيماتودا الحوصلات ونيماتودا تعقد الجذور كالإناث والحوصلات والبيوض مثل *Paecilomyces lilacinus*، *Trichoderma spp.*، *Acremonium butyric*و *Verticillium chlamydosporum.*

ب- البكتيريا: شوهدت عدد من من البكتيريا داخل انسجة بعض انواع النيماتودا النباتية ولكن يبدو ان معظمها بكتيريا رمية وليست طفيلية وتعد بكتيريا Pasturia penetrans من اهم انواع البكتيريا المتخصصة في اصابة بعض انواع نيماتودا تعقد الجذور ونيماتودا الحمضيات وهي اجبارية التطفل ذات سلالات متخصصة ولا تتأثر بالمبيدات النيماتودية ومقاومة للجفاف.

جـ النيماتودا المفترسة: تهاجم بعض النيماتودا وخاصة الأجناس Seinura ، Mononchusو Tripyla وغيرها بعض هذه الأنواع ذات تجويف فم واسع وسن كبير مثل الجنسMononchus تقطع فريستها وبعضها مزود برمح ويفرز سموماً عصبية مثل Seinura تشل بها فريستها قبل التغذية.

ثانيا : طرق المكافحة ذات الكفاءة العالية الواسعة الاستعمال

Current Effective and Widely Used Control practices

تشمل هذه المجموعة ثلاث طرق رئيسة للمكافحة، تتميز بأنها ذات كفاءة عالية في مكافحة النيماتودا، كما أنها واسعة الاستعمال، ويمكن الاعتماد عليها وحدها في الحصول على مكافحة اقتصادية. وهذه الطرق الرئيسة هي استعمال الأصناف المقاومة، والدورة الزراعية، والمكافحة الكيميائية (المبيدات النيماتودية).

١ - استعمال الأصناف المقاومة Resistant varieties

يعتبر انتاج واستعمال الأصناف المقاومة من أنجح الطرق وأكثرها كفاءة واقتصادية لمكافحة نيماتودا النبات. ولعل ذلك يعود إلى أن الإِصابة بالنيماتودا ذات طبيعة متخصصة إلى حدٍّ ما، وكذلك إلى الانتشار البطيء والبقاء الطويل للنيماتودا في التربة، بالإِضافة إلى التكلفة العالية نسبيًّا لطرق المكافحة الفيزيائية والكيميائية، وإلى التأثيرات البيئية الضارة للمبيدات عموماً.

يعرِّف علماء أمراض النبات (Plast Pathologists)مقاومة النبات للمرض بأنها مقدرة النبات على تحمل، أو تقليل، أو عدم التأثر بالضرر الناتج عن إصابة النبات بالمسبب المرضي. ولكن هذا التعريف ليس كافيًا وشافياً من وجهة نظر علماء نيماتودا النبات (Plant Nematologist)، فنحن نهتم ونركز بالدرجة الأولى على مقدرة النبات على منع أو تثبيط قدرة النيماتودا على التطور والتكاثر عليه، وبالدرجة الثانية على درجة تضرره من جراء الإِصابة. ووجهة نظرنا هذه تطورت من مبدئنا الأساسي في المكافحة، وهو تقليل كثافة النيماتودا في التربة.

ويعتبر الصنف مقاوماً resistant إذا كان تطور وتكاثر النيماتودا عليه بدرجة قليلة جدًّا (راجع الجدول رقم ١١ في الفصل السابق)، بينما يعتبر قابلاً للإصابة suscep- tible متى كان مناسباً لتطور وتكاثر النيماتودا عليه بأعداد كبيرة. أما من حيث

درجة تضره بالإصابة فإما أن يكون الصنف متحملاً للإصابة tolerant، حيث لا يحدث له ضرر كبير حتى وإن أصيب بأعداد كبيرة من النيماتودا، أو أن يكون الصنف غير متحمل للإصابة intolerant، حيث يكون حساسًا للإصابة ويتضرر كثيراً ولو بأعداد قليلة من النيماتودا.

ويجب أن نشير هنا إلى أنه لا يوجد حد فاصل واضح بين هذه التقسيمات، فهناك تداخل فيما بينها. فالمقاومة مثلاً تتدرج من مقاومة عالية إلى منخفضة، وكذلك صفة القابلية للإصابة من قابلية منخفضة إلى قابلية عالية للإصابة. وبالمثل تتدرج صفة تحمل النبات للأضرار. وتلعب عوامل البيئة، وخاصة ارتفاع درجة الحرارة، وإصابة النبات بمسببات مرضية أخرى، دوراً كبيراً في خفض مقاومة الصنف للنيماتودا أو حتى الفقد الكلي لصفة المقاومة.

ومن الطبيعي أن يكون الصنف المقاوم والمتحمل للإصابة هو المرغوب فيه بالدرجة الأولى، لأنه يعمل على خفض تكاثر النيماتودا عليه، وفي الوقت نفسه لا يتضرر إلا قليلاً جدًّا وإن زرع في تربة ذات كثافة ابتدائية عالية، ونتيجة لذلك يعطي محصولاً عاليًا بالإضافة إلى خفض كثافة لنيماتودا في التربة بكفاءة عالية. والعكس صحيح في حالة استعمال صنف قابل للإصابة وغير متحمل لها، فالنتيجة المتوقعة هي زيادة عالية في كثافة النيماتودا في التربة ونقص كبير في المحصول. أما الصنف المقاوم وغير المحتمل للإصابة فتصلح زراعته في الحقول ذات الكثافة الابتدائية المنخفضة جدًّا، لأن هذا الصنف وإن كان يعمل على خفض كثافة النيماتودا في التربة إلا أنه قد يتضرر إذا كانت الكثافة الابتدائية للنيماتودا عالية، ولكن تحت معظم الظروف الحلقية الاعتيادية قد يستعيد هذا الصنف نموه مقارنة بالصنف القابل للإصابة الذي يستمر نموه في التدهور ويصبح محصوله منخفضاً. أما الصنف القابل للإصابة ولكنه متحمل لها فقد تصلح زراعته في حالة المحاصيل المعمرة. ولكنه يسبب مشكلات في حالة المحاصيل

الحولية، حيث يعمل على زيادة كثافة النيماتودا في التربة عند نهاية الموسم بالرغم من الفقد القليل في الإنتاج، ولكن المشكلة تظهر إذا ما زرع بعده في الموسم التالي صنف غير متحمل للإصابة، حيث يصبح الضرر عاليا جدًّا نتيجة للكثافة الابتدائية العالية في بداية الموسم الجديد.

ميكانيكية المقاومة Mechanisms of resistance

قد يصعب وضع تقسيم مفيد للأنواع المختلفة من مقاومة الأصناف للنيماتودا، وذلك بسبب تأثير كثير من العوامل، كعوامل البيئة مثلاً، في تغيير شكل المقاومة في كثير من الأحيان. ولا شك في أن هناك الكثير من ميكانيكيات mechanisms المقاومة التي تستطيع الأصناف بواسطتها مقاومة النيماتودا، إلا أن القليل منها تمت دراسته من الناحية الفسيولوجية والكيميائية. وبصورة عامة تشمل ميكانيكيات المقاومة الآتي:

ا) عدم قدرة النيماتودا على اختـراق الجـذور Inability to penetrate : في الواقع تمثل عدم قدرة النيماتودا على اختراق الجذور صفة المناعة immunity لدى النبات أو كون النبات غير عائل non-host، ولكنها لا تمثل تماماً صفة المقاومة لدى الأصناف المقاومة. وفي الحقيقة يوجد الكثير من الأصناف المقاومة التي تستطيع النيماتودا اختراق جذورها، وإن كانت بدرجة أقل قليلاً من الأصناف القابلة للإصابة، إلا أن ميكانيكية المقاومة لا تبدأ إلا بعد الإصابة، وتكون غالباً على شكل عدم استجابة الصنف المقاوم لإفرازات النيماتودا بطريقة مناسبة لتطور النيماتودا.

ب) الصنف غير جذاب للنيماتودا plant not attractive : تفرز جذور بعض النباتات مواد تعمل على جذب اليرقات إليها، وإذا أخفق الصنف في إفراز هذه المواد فإنه يعتبر مقاومًا. ولكن يرى بعض العلماء، مثل Rhode، أن جاذبية جذور النبات

للنيماتودا ربما لا تشكل عاملاً مهمًّا في المقاومة، بل إن إفراز المواد السامة أو الطاردة من جذور الصنف هي التي تؤثر في المقاومة.

جـ) أنسجة الصنف غير ملائمة للنيماتودا Plant tissues not suitable: حيث إن الأساس الأول لعملية التطفل هو غذائي، لهذا فإن المقاومة، في معظم الحالات، ذات صلة وثيقة بنجاح النبات في عدم تزويد النيماتودا ببعض العناصر الغذائية الضرورية لتطورها وتكاثرها. وكمثال على ذلك وجد أن نيماتودا التقرح يمكنها البقاء حية في جذور تبغ هافانا، إلا أنها لا تستطيع أن تضع بيضًا، وذلك لعدم توافر بعض العناصر الغذائية الضرورية لتكوين البيض.

د) عدم تجاوب الصنف لوجود النيماتودا في أنسجته plant fails to respond to nematode presence : كما هي الحالة عندما تخترق يرقات نيماتودا تعقد الجذور أنسجة جذور بعض الأصناف المقاومة، فإن هذه الأنسجة لا تتجاوب بتكوين الخلايا العملاقة الضرورية لتغذية النيماتودا وتطورها.

هـ) يتجاوب الصنف للإصابة بطرق دفاعية plant reacts in its defense : من هذه الطرق إنتاج مواد سامة phytoalexines عند الإصابة. فقد وجد مثلاً أن جذور فول الصويا المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* تحتوي على نسبة عالية من مادة الجلايسيولين glyceolin، وكذلك تحتوي جذور القطن المقاومة للنيماتودا نفسها على مادة الجوسيبول gossypol، وكلتا المادتين تعتبر من مواد الـ phytoalexines السامة، ولهما دور في عملية مقاومة هذه الأصناف للنيماتودا.

كما تعتبر شدة حساسية الأنسجة hypersensitive responses للإصابة إحدى الطرق الدفاعية الشائعة في الأصناف المقاومة. حيث تموت الخلايا المصابة بسرعة نتيجة

لتراكم مركبات فينولية، وتشكل طبقة من الأنسجة الميتة البنية التي تحيط بالنيماتودا وتسد عليها الطريق إلى أنسجة حية قريبة، وبالتالي تموت النيماتودا.

تربية الأصناف المقاومة Breeding for resistance

تشير معظم المعلومات المتوافرة إلى أن صفة المقاومة ضد النيماتودا تعتمد على عوامل فسيولوجية ذات طبيعة معقدة. ويعتبر تطوير أصناف مقاومة من خلال برامج التربية مهمة صعبة، ولعل ذلك يعود إلى سببين : الأول هو صعوبة نقل المورِّثات (الجينات) genes الخاصة بالمقاومة إلى الأصناف القابلة للإصابة، خاصة إذا كانت علاقة النيماتودا بالعائل غير متخصصة non- specific وتتطلب عدة جينات، والسبب الثاني هو قلة عدد الأجناس النيماتودية ذات العلاقة المتخصصة مع عوائلها، التي تطلب مقاومتها عدداً قليلاً من المورثات، مقارنة بعدد أجناس نيماتودا النبات . ولهذا نجد أن معظم الأصناف المقاومة التي تم تطويرها وانتاجها هي أصناف مقاومة للنيماتودا ذات العلاقة المتخصصة مع عوائلها، مثل نيماتودا تعقد الجذور، ونيماتودا الحوصلات، وعدد آخر قليل من النيماتودا الداخلية أو شبه الداخلية التغذية.

يتوافر الآن عدد لا بأس به من الأصناف النباتية المقاومة لأنواع معينة من النيماتودا. وعلى سبيل المثال – لا الحصر – يتوافر الآن أصناف مقاومة لأنواع معينة من نيماتودا تعقد الجذور في كل من الطماطم، والفلفل، والفاصوليا، واللوبيا، وفول الصويا، والبطاطا الحلوة، والقطن، والذرة الشامية، والبرسيم الحجازي، والخوخ، والعنب، والتين، والورد. كما أن هناك أصنافاً من البرسيم الحجازي مقاومة لنيماتودا السوق والأبصال، وأصول موالح متحملة للإصابة بنيماتودا الموالح. وكذلك بعض الأصناف من محاصيل مختلفة مقاومة لنيماتودا الحوصلات، ونيماتودا التقرح،

والنيماتودا الكلوية، وغيرها (تتوافر نشرات أو كتيبات خاصة توضح الأصناف المقاومة من مختلف المحاصيل لعدد من نيماتودا النبات).

ولا تزال الأبحاث مستمرة في مجال تطوير أصناف إضافية جديدة مقاومة للنيماتودا، سينتج عنها بلا شك توافر هذه الأصناف. إلا أن المشكلة الرئيسة التي تواجه مربي ومستخدمي الأصناف المقاومة – وبصفة متكررة – هي ظهور سلالات races جديدة قادرة على كسر صفة المقاومة. ويعود السبب في ظهور هذه السلالات الجديدة إلى الاستخدام السيئ للصنف المقاوم، وذلك بزراعته عدة مرات متتالية في الحقل نفسه monoculture. ولذلك – وتفادياً لظهور مثل هذه السلالات الجديدة – يجب عدم زراعة الصنف المقاوم عدة مرات متتالية في الحقل نفسه، بل يجب إدخاله في دورة زراعية تشمل أصنافاً قابلة للإصابة ونباتات غير عوائل non- hosts .

٣- المكافحة الكيميائية (المبيدات النيماتودية) Chemical control

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

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

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

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

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

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

أنواع المبيدات النيماتودية

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

أ) المبيدات المدخنة (مدخنات التربة) Fumigant nematicides

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

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

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

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

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

ب) المبيدات غير المدخنة Non-fumigant nematicides

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

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

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

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

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

تابع الجدول رقم (١٢).

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

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

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

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

اختيار المبيد المناسب

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

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

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

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

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

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

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

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

العوامل المؤثرة في كفاءة المبيد في التربة

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1. Books:
   - خيري عتريس (1999). آفات النيماتودا الزراعية: الديدان الثعبانية. مصر: منشأة المعارف
   - أبو غربية واخرون (2010) نيماتودا النبات في البلدان العربية, دار وائل, الأردن.
   - الحازمي احمد بن سعد (2010) مقدمة في نيماتولوجيا النبات, جامعة الملك سعود
   - "Plant Parasitic Nematodes in Sustainable Agriculture of North America" by Mohammad Manjur Shah and Mohammad Mahamood.
   - "Plant Nematology" by R.N. Perry and M. Moens.
   - "Plant-Parasitic Nematodes of Coffee" by C. Pereira and R. W. Maleita.
   - "Plant-Parasitic Nematodes: A Pictorial Key to Genera" by Malcolma A. Fortuner and Donald G. Linda.
2. Scientific Journals:
   - "Journal of Nematology"
   - "Nematology"
   - "Phytopathology"
   - "Journal of Plant Pathology"
   - "Plant Disease"
3. Websites and online resources:
   - The "International Society of Plant Pathology - Nematology Committee" website: https://www.isppweb.org/about-ispp/divisions-committees/nematology/
   - The "Nemaplex" website: http://nemaplex.ucdavis.edu/
   - The "Nematode-Trapping Fungi and Nematode Pathogens" website: http://nematode.unl.edu/