المملكة العربية السعودية
وزارة التعليم العالي

جامعة الملك فيصل
كلية العلوم الزراعية والأغذية

علم النيماتودا Nematology

إعداد

د. فهد عبدالله الصقر
قسم زراعة الأراضي القاحلة
برنامج وقاية النبات

1430هـ

الفصل الأول

مقدمة وتعريف النيماتودا Introduction and Definition of Nematodes

النيماتودا Nematode كائنات حية دقيقة الحجم، بيضاء اللون، شفافة، تشتق هذه الكلمة في الأصل من كلمتين إغريقيتين، هما:

- نيما nema وتعني خيط.
- ايدوس eidos وتعني شبيه.

لذلك عرفت هذه الكائنات الحية بأسماء مختلفة، منها:

- الديدان الخيطية Thread worms
- الديدان الأسطوانية Round worms

يطلق هذين الاسمين على النيماتودا المتطفلة على الحيوان.

- الديدان الثعبانية Eel worms
- ديدان النبات Phytohelminths

يطلق هذين الاسمين على النيماتودا المتطفلة على النبات.

أما تسمية النيماتودا بالديدان الثعبانية فليست صحيحة تماماً، لأنة ليس لجميع أنواع النيماتودا حركة ثعبانية. أما سبب شيوع تسميتها بالنيماتودا Nematoda لأن هذا هو الاسم العلمي لها. أما الأن فتعرف بالديدان النيماتودية Nematodes، أو اختصاراً بالنيماتودا Nematode.

صفات النيماتودا Characteristics of Nematodes

تتميز النيماتودا بعدد من الصفات، هي:

١ - حيونات لافقارية أي لا تحتوي على فقرات مثل الانسان وبعض الحيوانات ألاخرى.

٢ - اسطوانية دودية خيطيه الشكل، غير مقسمة الجسم.

٣ - حيوانات مائية، أي تعيش في المياه المالحة أو العذبة، لذلك يجب أن يغطي جسمها غشاء رقيق من الماء في التربة لكي تكون حية ونشيطة لأن نشاطها يعتمد على وجود الرطوبة الكافية أو الماء في البيئة المحيطة بها.

٤ - واسعة الانتشار، فهي توجد في أي بيئة تتوفر فيها أسباب الحياة حيث توجد في الأراضي الصحراوية والمناطق القطبية ومياه الينابيع الحارة وأعماق المحيطات.

٥ - تتميز بوجود ثلاث طبقات جنينية: هي طبقة الادمة الخارجية وطبقة الادمة الوسطى وطبقة الادمة الداخلية. وهذه الطبقات تتكون خلال عملية تطور الجنين.

٦ - حيوانات ذات تناظر جانبي، أي أن أحد جانبي الجسم صورة متشابهة للجانب الآخر.

٧ - ذات تجويف جسمي كاذب لعدم وجود نسيج طلائي يغطي جسمها.

٨ - وضعت في قبيلة مستقلة تعرف بقبيلة النيماتودا Phylum: Nematoda نظراً لزيادة الاهتمام بدراستها كآفات زراعية حيث تعتبر هذه القبيلة من أكبر المجموعات الحيوانية بعد مجموعة الحشرات من حيث الكثافة والتنوع.

مجموعات النيماتودا Groups of nematodes

تقسم النيماتودا إلى عدة مجموعات بهدف سهوله التعرف على أنواعها الموجودة في البيئة التي تعيش فيها وكذلك طريقة تغذيتها وتطفلها حيث يمكن تقسيمها إلى المجموعات التالية:

أولاً- نيماتودا الإنسان والحيوان Human and Animal Nematodes

تضم هذه المجموعة العديد من النيماتودا التي تعيش متطفلة داخلياً أو خارجياً على أنسجة الإنسان والحيوان وكذلك النيماتودا المتطفلة على الطيور والأسماك والحشرات وغيرها. وتشكل حوالي 15% من مجموع النيماتودا الكلي. ومن أمثلة هذه المجموعة:

- ديدان الأسكارس "إسكارس لمبركويدس" *Ascaris lumbricoides* تعيش في أمعاء الإنسان والحيوان.
- الديدان الشوكية "نيكتار امريكانس" *Nectar americanus* المسئولة عن موت الملايين من البشر في المناطق الاستوائية وشبة الاستوائية.
- ديدان مرض الفيل "وتشي ريريا بان كروفتي" *Wuchereria bancrofti* تنتقل للإنسان بواسطة البعوض وتسبب له تورمات ضخمة في الساقين.
- نيماتودا "بلاسينتا جيجانتيسيما" *Placenta gigantissima* تتطفل على الحيتان whales وتعتبر أطول نيماتودا معروفة حوالي سبعة أمتار ونصف (7,5 متر).
- النيماتودا المتطفلة على الحشرات التي تتبع عائلة "ميرميتيدي" Mermithidae حيث يمكن الاستفادة منها في المكافحة الحيوية للحشرات.

ثانياً- نيماتودا البحار والمحيطات Marine Nematodes

وهي أكبر المجموعات إذ تشكل حوالي 50% من المجموع العام للنيماتودا، وتعيش في المياه التي تزيد ملوحتها على 3%، وتتغذى على الكائنات الحية الدقيقة مثل الطحالب وغيرها. ومن أمثلة هذه المجموعة:

- نيماتودا "دراكونيما سيفالاتيم" *Draconema cephalalatum*
- نيماتودا "ديزمودورا بيلوسا" *Desmodora pilosa*

ثالثاً- النيماتودا حرة المعيشة Free-living nematodes

تشكل هذه المجموعة 25% من المجموع العام للنيماتودا، وتعيش هذه النيماتودا حرة في التربة والمياه العذبة. وتضم العديد من النيماتودا المتباينة التغذية، منها:

- النيماتودا الميكروبية "رابديتيس" *Rhabditis* spp. تتغذى على البكتيريا أو نواتج التحلل البكتيري.
- نيماتودا "دوري ليمص" *Dorylaimus* spp. تتطفل على الطحالب.
- النيماتودا الفطرية *Aphelenchus avenae* تتطفل على الفطريات.
- النيماتودا المفترسة مثل نيماتودا "سينيورا" *Seinura* spp. ونيماتودا "مونونكص" *Mononchus* spp. تتغذى على الحيوانات الأولية والديدان الدقيقة وكذلك على النيماتودا وبيض النيماتودا الموجودة في التربة.

رابعا- النيماتودا المتطفلة على النبات Plant-parasitic nematodes

تشكل 10% من المجموع العام للنيماتودا، وتتغذى على الأنسجة النباتية للنباتات المختلفة. تعيش في مناطق جغرافية متعددة من العالم وفي بيئات نباتية متباينة. وتعتبر إجبارية التطفل، وهي إما أن تتطفل على أنسجة الجذور خارجياً أو داخلياً، أو تتطفل داخلياً على المجموع الخضري. وسوف نتناول هذا الموضوع بالتفصيل في الفصل الثالث.

لمحة تاريخية عن النيماتودا History summary

ورد ذكر **النيماتودا المتطفلة على الإنسان والحيوان** في التقارير الطبية التي كتبها قدماء المصريين التي يرجع تاريخها إلى حوالي 1550 سنة قبل الميلاد وكذلك في السجلات التاريخية اليونانية والرومانية، ومن الامثلة على ذلك:

- دودة الأسكارس "إسكارس لمبركويدس" *Ascaris lumbricoides* ورد ذكرها كدودة أسطوانية في أمعاء الإنسان في أحد التقارير المصرية. وذكرها الفيلسوف اليوناني القديم أبقراط Hippocrates في إحدى كتاباته قبل الميلاد بحوالي أربعة قرون. وكذلك ذكرها أيضاً الفيلسوف الأغريقي أرسطو Aristotle في كتاباته وذلك في القرن الثالث قبل الميلاد.
- دودة غينيا "دراكانكيولس ميدينينسيس" *Dracunculus medinensis*، تعيش في أطراف الإنسان وتسبب له آلاماً شديدة، ذكرت في إحدى الكتابات الرومانية في القرن الأول قبل الميلاد.

أما النيماتودا المتطفلة على النبات فتم اكتشافها بعد قرن من اختراع المجهر في منتصف القرن السابع عشر ثم تطوره بعد ذلك. و يرجع السبب إلى صغر حجم هذه النيماتودا حيث يصعب رؤيتها بالعين المجردة the naked eye مقارنة بغيرها من نيماتودا الإنسان والحيوان. إلا أن اكتشافها جاء نتيجة لأهميتها المتزايدة كآفات زراعية بعد تطور الزراعة وازدياد مشكلات الآفات. وإليك بعض الأمثلة على اكتشاف بعض أجناس النيماتودا:

- يعتبر أول تسجيل عالمي عن النيماتودا المتطفلة على النبات عام 1743م بواسطة العالم الإنجليزي "نيدهام" J.T. Needham الذي فحص حبوب قمح مصابة وشاهد ديدان خيطيه دقيقة تتحرك في الماء وسماها ديدان ثعبانية، هذه الديدان عبارة عن الطور اليرقي الثاني لنيماتودا تثأل حبوب القمح "أنجوينا ترتساي" *Anguina tritici*.
- وفي عام 1855م اكتشف العالم الإنجليزي "بيركيلي" Berkeley نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. فقد لاحظ وجود انتفاخات galls على جذور نباتات الخيار المزروعة في البيوت المحمية.
- وفي عام 1857م أكتشف العالم الألماني كوهن Kuhn نيماتودا السوق والأبصال *Ditylenchus dipsaci*.
- وفي عام 1859م ذكر العالم الألماني "شاخت" Schacht أن سبب تدهور محصول بنجر السكر sugarbeets في المانيا وأوروبا يرجع إلى وجود ديدان نيماتودية.
- وفي عام 1871م قام العالم الألماني "شميدت" Schmidt بدراسة النيماتودا التي تصيب جذور بنجر السكر وسماها "هيترروديرا شختاي" *Heterodera schachtii* تكريماً للعالم "شاخت" Schacht الذي اكتشفها.

ونتيجة للاهتمام المتزايد بهذه الآفه وما تسببه من أضرار كبيرة على المحاصيل الزراعية. أدى ذلك إلى ولادة وتطور علم جديد هو علم نيماتودا النبات Plant Nematology الذي احتل مكاناً مرموقاً بين العلوم الزراعية المختلفة. وبدأ تطور هذا العلم الحديث في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين بشكل ملحوظ حيث تم دراسة وتطور النيماتودا وتعريفها وتصنيف أنواعها المختلفة.

ففي الولايات المتحدة الأمريكية

- يعتبر العالم الأمريكي "كوب" N. A. Cobb مؤسس مدرسة النيماتولوجيا الحديثة ورائداً من رواد هذا العلم، حيث:

١. نشر أول بحث له في عام 1913م، وأعقبة بالعديد من الأبحاث الأساسية حوالي 125بحثاً، خاصة في الشكل الخارجي للنيماتودا وتقسيمها وكذلك الطرق العملية لدراستها التي لا يزال الكثير منها يستخدم حتى وقتنا الحاضر.

٢. واقترح اسم "علم النيماتولوجي" Nematology في عام 1914م كاسم مميز لهذا الفرع الحديث من العلوم الزراعية.

٣. انشاء قسم خاص للنيماتودا الزراعية بوزارة الزراعة الأمريكية في عام 1929م نتيجة لجهوده البحثية والتعليمية.

وفي أوروبا

تم تأليف بعض الكتب الأولى التي كان لها دور كبير في إرساء قواعد هذا العلم وتطوره في ذلك الوقت.

- ففي عام 1933م ألف العالم الانجليزي " تي قودي" T. Goodey كتابه الأول عن "النيماتودا والأمراض التي تسببها".

وفي عام 1951م ألف كتابه الثاني والمشهور عن "نيماتودا التربة والمياه العذبة"، وقام ابنه "جي.بي قودي" J.B Goodey بتنقيحه وإعادة طباعته في عام 1963م.

بعد ذلك تأسست الجمعيات العلمية وأصدرت مجلات متخصصة كما أنشئت مراكز للأبحاث والدراسات العليا في الجامعات تهتم بهذا العلم وترعى تطويره والاستفادة من تطبيقاته المختلفة. ومن الامثلة على المجلات العلمية:

- مجلة "نيماتولوجيكا" Nematologica أنشئت عام 1956م في أوربا.
- مجلة النيماتودا Journal of Nematology أنشئت عام 1969م في امريكا.
- مجلة النيماتودا الهندية Indian Journal of Nematology أنشئت عام 1970م في الهند.
- مجلة "نيماتروبيكا" Nematropica أنشئت عام 1971م في أمريكا الاستوائية.
- مجلة النيماتودا البكستانية Pakistan Journal of Nematology أنشئت عام 1981م في باكستان.
- مجلة "الجمعية العربية لوقاية النبات" أنشئت عام 1981م في الوطن العربي تهتم وتعنى بالأبحاث الخاصة بالنيماتودا النباتية.

الأهمية الاقتصادية لنيماتودا النبات
Economic Importance of Plant Nematodes

تسبب النيماتودا خسائر مادية كبيرة في الإنتاج الزراعي تقدر بحوالي 10–30% من قيمة الإنتاج الزراعي سنويا، وقد تزداد هذه النسبة إلى 80% أو أكثر من قيمة المحصول عند شدة الإصابة وتلوث التربة بالنيماتودا. ويعتمد نوع وشدة الضرر الذي تسببه النيماتودا على عوائلها المختلفة على نوع النيماتودا، والصنف النباتي، وعوامل البيئة المحيطة بهما. ومن الأضرار والخسائر التي تسببها النيماتودا للنباتات، ما يلي:

١. موت النباتات الحولية نتيجة لمهاجمة النيماتودا جذورها مما يتسبب في موت الشتلات الصغيرة في مبدأ حياتها خاصة في حالة شدة تلوث التربة بالنيماتودا.
٢. إزالة أو تقليع النباتات المعمرة في وقت مبكر نتيجة إصابة جذورها ببعض الآفات النيماتودية مما يؤدي ذلك إلى ضعف نمو الأشجار وقلة المحصول مما ينتج عنة تقليع هذه الأشجار، مثل:
   - إصابة أشجار الخوخ والموز والزيتون واللوز بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.
   - إصابة أشجار الموالح بنيماتودا الموالح *Tylenchulus semipenetrans*.
٣. نقص المحصول وخفض جودة التربة نتيجة تأثر نمو النباتات بالإصابة بالنيماتودا مما ينتج عن ذلك قلة حجم المجموع الجذري والخضري وقلة الإنتاج الثمري وخفض جودة التربة ورتبتها.
٤. تحديد أنواع المحاصيل المنزرعة نتيجة للتلوث الشديد في تربتها بالنيماتودا مما ينتج عن ذلك حرمان بعض المزارع من زراعة بعض المحاصيل المفضلة اقتصادياً مما يؤدي ذلك إلى إتباع دورة زراعية لتجنب زراعة المحاصيل القابلة للإصابة وزراعة محاصيل نباتية مقاومة قد تكون ذات عائد اقتصادي غير مجزي للمزارع.
٥. زيادة نفقات العمليات الزراعية مثل الحرث العميق وتعريض التربة لأشعة الشمس والجفاف نتيجة للتلوث الشديد للأراضي بالنيماتودا.
٦. تبوير الحقل شديد التلوث بالنيماتودا بدون زراعة فترة من الزمن.
٧. زيادة انتشار الأمراض النباتية مثل الفطرية والبكتيرية والفيروسية حيث تساعد النيماتودا على انتشارها.
٨. زيادة تكاليف المقاومة الكيماوية للنيماتودا في التربة نظراً لارتفاع أسعار المبيدات.

الفصل الثاني

الشكل الخارجي والتركيب الداخلي للنيماتودا

Morphology and Anatomy of Nematodes

الشكل الخارجي للنيماتودا

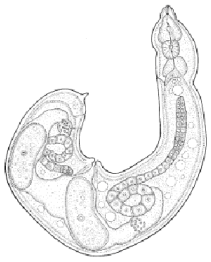
في معظم نيماتودا النبات يكون الجسم مغزلي الشكل، حيث يكون عريض نسبياً في الوسط ويستدق عند المقدمة والمؤخرة باستثناء عدد قليل منها حيث يتحور جسمها إلى أشكال مختلفة كما في حالة إناث بعض الأنواع النيماتودية حيث تأخذ أشكالاً مختلفة (شكل 1) مثل:

- الشكل الكمثري كما في نيماتودا تعقد الجذور "ميلودوجين" *Meloidogyne* spp.
- الشكل الليموني كما في نيماتودا الحوصلات "هيترروديرا" *Heterodera* spp.
- الشكل الكلوي كما في النيماتودا الكلوية "روتيلينكيولص رينيفورمس" *Rotylenchulus reniformis* ونيماتودا الموالح "تيلنكيولص سيميبنترنس" *Tylenchulus semipenetrans* (مع امتداد منطقة العنق)
- الشكل الكروي أو المستدير كما في بعض أنواع النيماتودا الذهبية "قلوبوديرا" *Globodera* spp.
- الشكل المغزلي كما في نيماتودا تعقد الجذور الكاذب "نكوبص" *Nacobbus* spp.

وهذه الأنواع المختلفة من الإناث تفقد قدرتها على الحركة وتبقى ساكنة داخل الجذور أو على سطوحها. أما النيماتودا المتطفلة على الحشرات فيكون شكل الجسم خيطي الشكل، أي أن عرض الجسم متساوي على طول محوره.

الشكل الكمثري
نيماتودا تعقد الجذور
Meloidogyne spp.

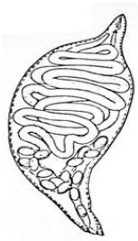
الشكل الليموني
نيماتودا الحوصلات
Heterodera spp



الشكل الكلوي
النيماتودا الكلوية
Rotylenchulus sp.

الشكل الكلوي
نيماتودا الموالح
Tylenchulus sp.

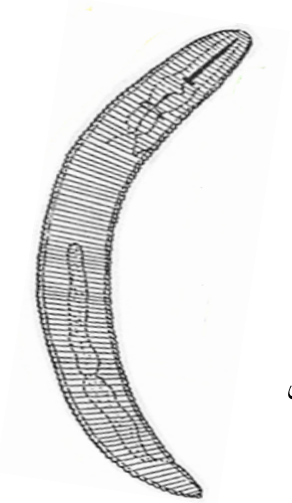
الشكل الكروي
النيماتودا الذهبية
Globodera spp.



الشكل المغزلي
نيماتودا تعقد الجذور الكاذب
Nacobbus spp.

شكل (1): الأشكال المنتفخة التي تتخذها إناث بعض أجناس النيماتودا.

ويختلف طول جسم النيماتودا حسب نوع النيماتودا. حيث يتراوح طول جسمها من 0.2 مم إلى عده أمتار. بعض أنواع نيماتودا الحيوان يصل طولها إلى 7.5 متر، ويصل طول بعض أنواع النيماتودا البحرية إلى 5 سم وعرضها إلى 500 ميكرون. بينما نيماتودا النبات لا يزيد طولها عن خمسة مليمترات (5مم)، وعرضها خمسة من مائة بالمائة مليمترات (05و0 مم) وسمكها 15–35 ميكرون لذلك يصعب رؤيتها بالعين المجردة.



شكل (2): النيماتودا الحلقية

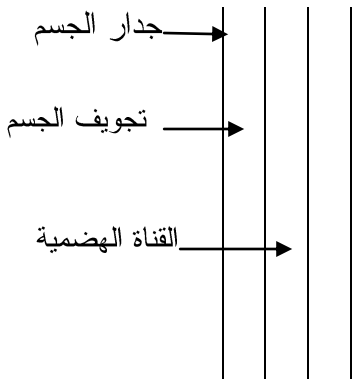
ويتميز جسم النيماتودا بأنه غير مقسم إلى حلقات، إلا أنة توجد بعض الأنواع القليلة جداً مثل النيماتودا الحلقية *Macroposthonia* spp. تبدو وكأن أجسامها مقسمة إلى حلقات، ولكن هذا التحلق لا يمتد إلى ما تحت طبقة الكيوتيكل في جدار الجسم (شكل 2).

وجسم النيماتودا شفاف عديم اللون في معظم النيماتودا الصغيرة. لكن في بعض الأنواع يتخذ الكيوتيكل لوناً أبيض أو أصفر إلى حد ما. لكن في بعض الأنواع الأخرى يتخذ لوناً خفيفا يعكس محتويات الغذاء في أمعائها.

ويمكن تميز جسم النيماتودا (شكل 3) طولياً إلى سطح بطني، يوجد علية جميع الفتحات الطبيعية (الفتحة الإخراجية، الفتحة التناسلية والفتحة الشرجية في حاله الإناث، وفتحه المجمع في حالة الذكور). وسطح ظهري في الجهة العلوية.

التركيب الداخلي لجسم النيماتودا

يمكن تصور جسم النيماتودا على أنة يتكون من أنبوبتين واحدة داخل الأخرى (شكل 4). الأنبوبة الخارجية تمثل **جدار الجسم**، بينما الأنبوبة الداخلية تمثل **القناة الهضمية (الجهاز الهضمي)**. ويفصل بين الأنبوبتين تجويف يعرف **بتجويف الجسم** وهو تجويف حشوي كاذب يمتلئ بسائل يطلق علية **سائل الجسم** وينغمر في هذا السائل الجهاز التناسلي الذكري والأنثوي.

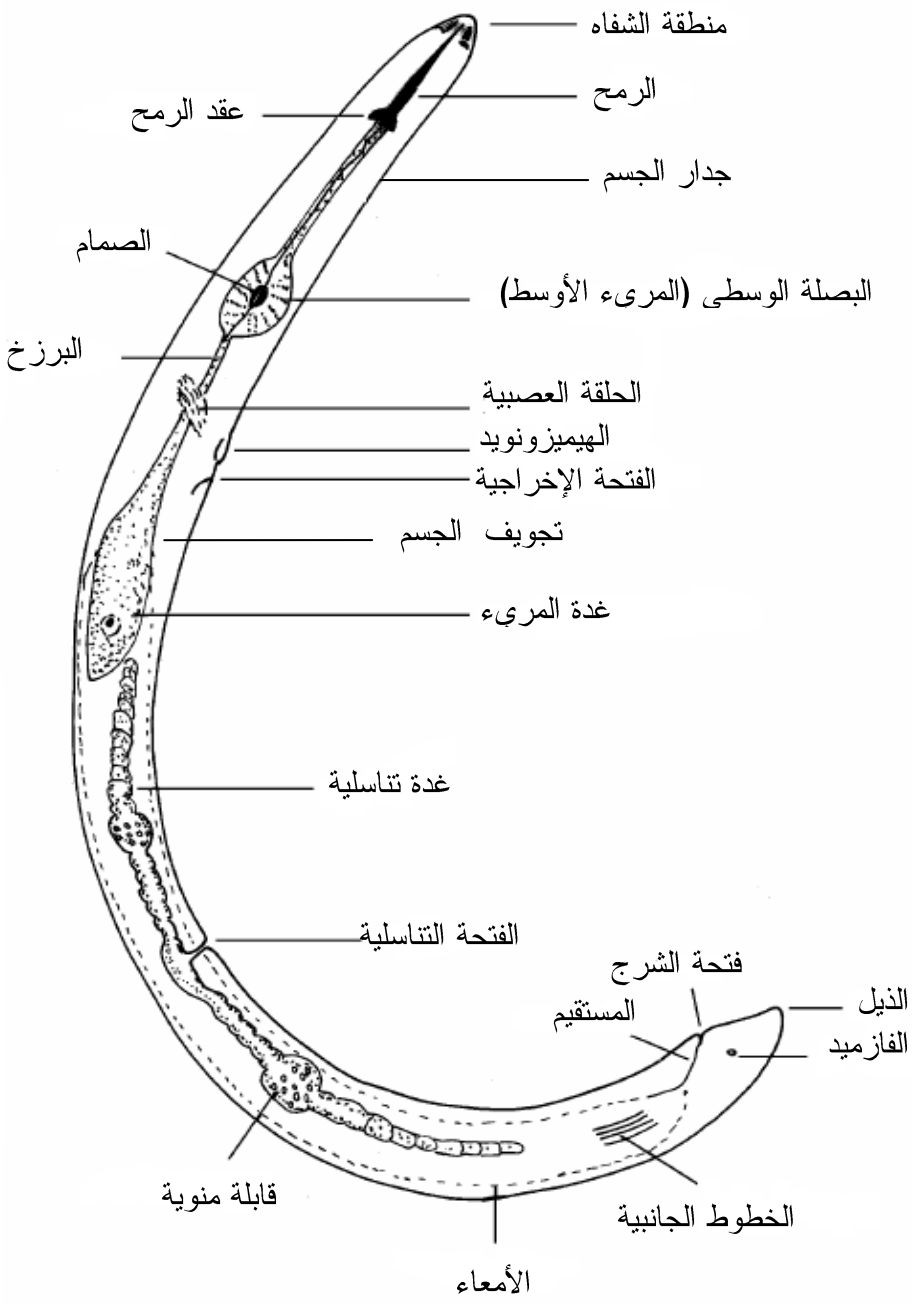


شكل (4) رسم توضيحي يوضح جسم النيماتودا.

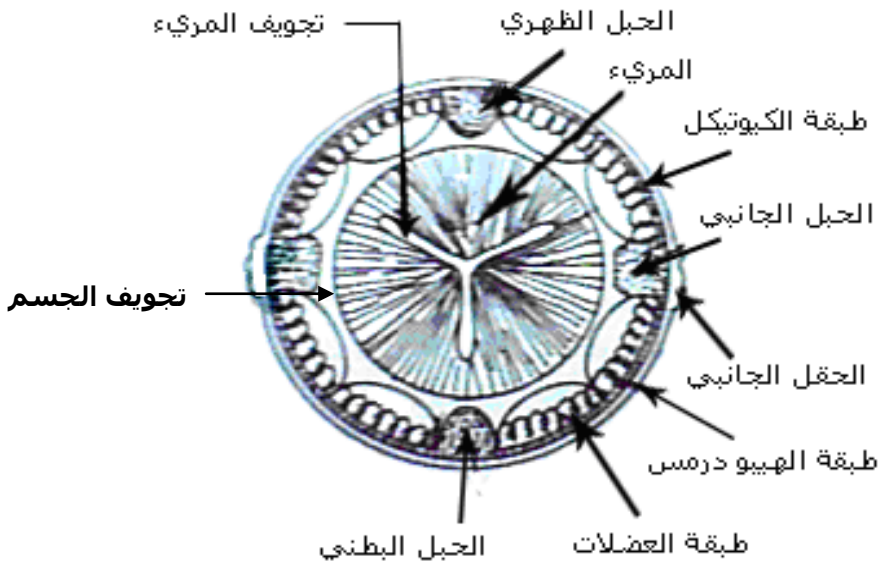
أولاً- جدار الجسم Body wall

عبارة عن تركيب متعدد الطبقات حيث يغطي جسم النيماتودا من الخارج ويعمل على حماية ووقاية الجسم من المؤثرات الخارجية. ويتركب جدار الجسم من الخارج إلى الداخل من ثلاث طبقات رئيسة (شكل 5)، هي:

١. الكيوتيكل ٢. الهيبوديرمي ٣. عضلات الجسم



شكل (3): الشكل الخارجي والتركيب الداخلي العام لنيماتودا النبات.

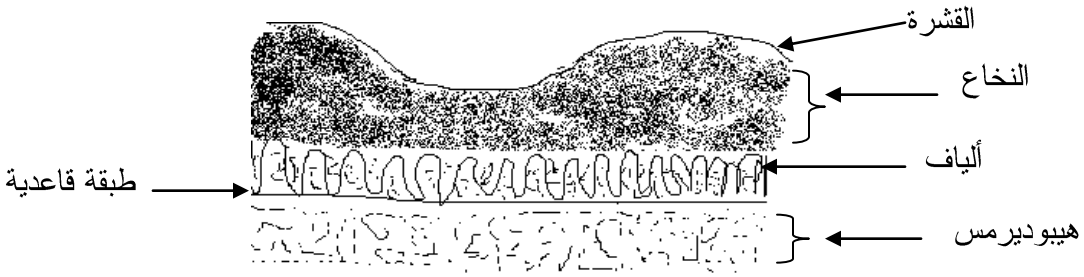


شكل (5): قطاع عرضي في جسم النيماتودا عند منطقة المريء يوضح الطبقات الرئيسة الثلاث لجدار الجسم: الكيوتيكل، الهيبوديرمس، عضلات الجسم.

الكيوتيكل Cuticle

وهي عبارة عن طبقة خارجية شفافة عديمة اللون مرنة لخلوها من مادة الكيتين التي توجد في الحشرات. وهي طبقة غير حية تفرزها طبقة الهيبودرمس النشطة الحية. وتتكون من ثلاث طبقات هي من الخارج إلى الداخل (شكل 6):

- طبقة خارجية تعرف بالقشرة.
- طبقة وسطى متجانسة تعرف بالنخاع.
- طبقة داخلية تعرف بالألياف.



شكل (6): رسم توضيحي يوضح طبقات الكيوتيكل الثلاث.

وقد توجد طبقة قاعدية تفصل طبقة الكيوتيكل عن طبقة الهيبوديرمس، وقد تختفي طبقة النخاع في بعض أنواع النيماتودا. يوجد بطبقة الكيوتيكل البروتينات والدهون والسكريات المعقدة. و تبطن طبقة الكيوتيكل جميع الفتحات الطبيعية الموجودة على جسم النيماتودا وكذلك أعضاء الحس المختلفة مثل الأمفيد والفازميد. وتقوم طبقة الكيوتيكل بعدة وظائف منها:

- حماية الجسم من المؤثرات الخارجية في البيئة المحيطة بها.
- تعمل كهيكل قابل للتمدد عند النمو إلى حين وقت انسلاخ النيماتودا حيث يتم طرد الكيوتيكل القديم ويحل محله كيوتيكل جديد أكثر اتساعاً ليسمح بنمو النيماتودا وزيادة حجمها.
- تسمح بمرور ونفاذ الكثير من المركبات الكيميائية كالماء وبعض الأيونات وبعض المركبات العضوية كالمبيدات النيماتودية العضوية.

والكيوتيكل: نوعان

أ- أملس (غير مخطط) يُرى تحت المجهر على شكل خيط ويوجد هذا النوع في طائفة "ادينوفوريا" Class: Adenophorea.

ب- مخطط تخطيط عرضي يتكون نتيجة لانثناءات إلى الداخل في الطبقات الخارجية من طبقة الكيوتيكل تحدث في مناطق متقاربة على السطح، ويوجد هذا النوع في طائفة "سيسرنينتيا" Class: Secernentea. وتختلف درجة التخطيط العرضي في نيماتودا النبات من جنس إلى آخر.

- فقد يكون التخطيط ناعماً كما في نيماتودا التقرح *Pratylenchus* spp.
- وقد يبدو التخطيط أكثر عمقاً كما في النيماتودا الرمحية *Hoplolaimus* spp.
- وقد يكون التخطيط عميقاً يشبه التحلق كما في النيماتودا الحلقية (شكل 2) *Macroposthonia* spp.

وتوجد خطوط طولية غائرة نوعاً ما على طول جانبي الجسم تسمى **حقول جانبية** (شكل 5) وظيفتها تساعد في حركة النيماتودا، وكذلك تسمح بزيادة عرض جسم النيماتودا عند نموها.

الهيبودرمس Hypodermis

وهي طبقة رقيقة تقع أسفل طبقة الكيوتيكل (شكل 5، 6)، تتكون من صف واحد من الخلايا. وتتسع وتزداد في السمك أسفل الحقلين الجانبيين. وظيفتها إفراز طبقة كيوتيكل جديدة عند كل عملية انسلاخ.

عضلات الجسم Somatic musculature

توجد أسفل طبقة الهيبودرمس (شكل 5)، وهي طبقة سميكة مكونة من خلايا عضلية سطحها الداخلي يواجه تجويف الجسم. وتقسم طبقة العضلات الجسمية إلى أربعة مجاميع يفصلها حبال جدار الجسم الظهرية والبطنية والجانبية. وظيفتها لها دور رئيسي في حركة النيماتودا.

ثانياً- تجويف الجسم Body cavity

تتميز النيماتودا بتجويف جسم غير حقيقي، يمتلئ هذا التجويف بسائل الجسم، وهو ذو تركيب كيميائي معقد، ويعتقد أن هذا السائل يقوم بعدد من الوظائف الفسيولوجية، هي:

١. نقل المواد الغذائية من الأمعاء إلى بقية أجزاء الجسم.

٢. يقوم بتبادل الغازات وحركة الماء في جسم النيماتودا.
٣. يعمل على تنظيف (غسيل) الأعضاء الداخلية للنيماتودا.
٤. يعمل على تنظيم الضغط الانتفاخي لجسم النيماتودا. حيث يكون هذا الضغط تحت توازن السوائل وضغطها وهذا ما يساعد على حركة النيماتودا.

ثالثاً– أجهزة الجسم المختلفة

يحتوي جسم النيماتودا الداخلي على الأجهزة التالية:

١. الجهاز الهضمي ٢.الجهاز العصبي ٣. الجهاز الإخراجي ٤. الجهاز التناسلي

ولا يوجد بالنيماتودا جهاز دوري أو جهاز تنفسي لان أبعاد جسم النيماتودا تكون صغيرة. ويحل محل هذين الجهازين سائل الجسم.

الجهاز الهضمي Digestive system

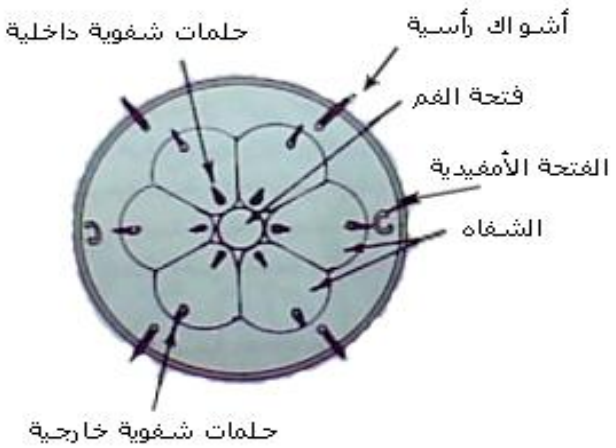
يقوم الجهاز الهضمي بامتصاص الغذاء من خلايا العائل عن طريق الحركة العضلية للمرئ ثم هضمه بواسطة الإنزيمات التي تفرز بواسطة عدد من الخلايا الغدية وتخزين نواتج الهضم في جدار الأمعاء على هيئة حبيبات دهن تستخدمها النيماتودا في إنتاج الطاقة اللازمة لنشاطها. وهو من المكونات الهامة عند تعريف وتصنيف النيماتودا. ويتكون من (شكل 3):

١. فتحة الفم.
٢. تجويف الفم. } هذه الأجزاء الثلاثة تمثل القناة الهضمية الأمامية.
٣. المرئ.
٤. الأمعاء ← تمثل القناة الهضمية الوسطى.
٥. المستقيم. ← يمثل القناة الهضمية الخلفية.

أولا– فتحة الفم Mouth Opening

تحاط فتحة الفم (الفتحة الشفوية) بست شفاه (شكل 7) (2 جانبية + 2تحت بطنية + 2تحت ظهرية). كما يوجد على الشفاه:

- حلمات حسية يصل عددها إلى 16 حلمة موزعة على ثلاث مستويات (6 +6 +4) وقد يتغير وضعها وتصبح 6 + 10 وقد يقل عددها عن ذلك.
- أعضاء الشم الحسية تسمى الامفيد.



شكل (7): منظر أمامي لمنطقة الشفاه يوضح ترتيب الشفاه وأعضاء الحس مرتبة في ثلاثة صفوف دائرية.

ثانيا– تجويف الفم Stoma (Buccal Cavity)

يلي الفتحة الشفوية، وقد يكون ضيق أو متسع الحجم ومزود برمح (Spear) Stylet مدبب في النيماتودا المتطفلة على النبات وهو رمح مجوف تستخدمه النيماتودا في اختراق أنسجة النبات، وامتصاص العصارة النباتية. ويمكن تميز نوعين من الرمح في نيماتودا النبات وذلك بحسب نشأته وشكله:

أ –**الرمح المجوف (المسماري) "ستوماتو ستيلات" Stomatostylet**

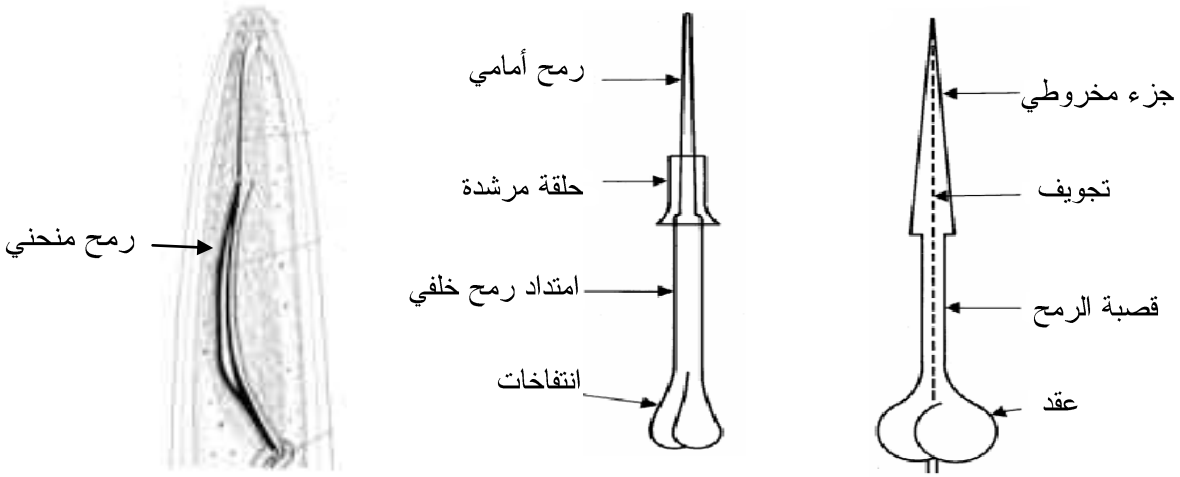
ينشأ من اندماج الجدر المتصلبة لتجويف الفم. يوجد هذا النوع في طائفة "سيسرنينتيا" Class: Secernentea ورتبة "تيلينكيدا" Order: Tylenchida. ويختلف طول وتركيب هذا النوع من الرمح في الأجناس النيماتودية المختلفة. مكوناته أنظر (الشكل 8):

ب –**الرمح الشوكي "أُدونتو ستيلات" Odontostylet**

ينشأ من إبرة أو شوكة بجوار المريء. وهو رمح طويل نسبياً ذو شكل إبري في جزئه الأمامي، وذو تجوي ف ضيق جداً. يوجد في طائفة "ادينوفوريا" Class: Adenophorea ورتبة "دورليميدا" Order: Dorylaimida. مكوناته أنظر (شكل 8).

وهناك رمح خاص من نوع الرمح الشوكي وهو عبارة عن رمح صلب منحني (شكل 8) غير مجوف يشبه السن ينشأ عن استطالة السن الظهرية في تجويف الفم كما في نيماتودا تقصف الجذور "تريكودورس" *Trichodorus* spp.

ويتصل بهذه العقد أو الانتفاخات الثلاث القاعدية **عضلات قوية** ترتبط بمقدمة الرأس وتعمل على تحريك الرمح إلى الأمام عند انقباضها ليخرج الجزء الأمامي للرمح إلى الخارج، ثم يعود الرمح إلى مكانة عند انبساطها وذلك في أثناء عملية التغذية. كما توجد **حلقة مرشدة** تحيط بالرمح، يختلف موقعها باختلاف جنس النيماتودا.



رمح ستوماتو ستيلات رمح أُدونتو ستيلات رمح صلب منحني

شكل (8): أنواع الرمح في نيماتودا النبات.

ثالثا– المريء Esophagus

عضو عضلي غدي التركيب يقوم بامتصاص الغذاء وضخة للداخل نحوى الأمعاء. وتجويف (ممر) المريء تركيب ثلاثي التشعب على شكل حرف "وأي" بالانجليزية "Y" (شكل 5) يتحكم في حركته مجموعة من العضلات وظيفتها التحكم في فتح وغلق ممر المريء.

والمريء من الأجزاء الهامة التي تستخدم في تصنيف وتعريف النيماتودا حيث يتخذ عدة أشكال مختلفة، فقد يتكون المريء من:

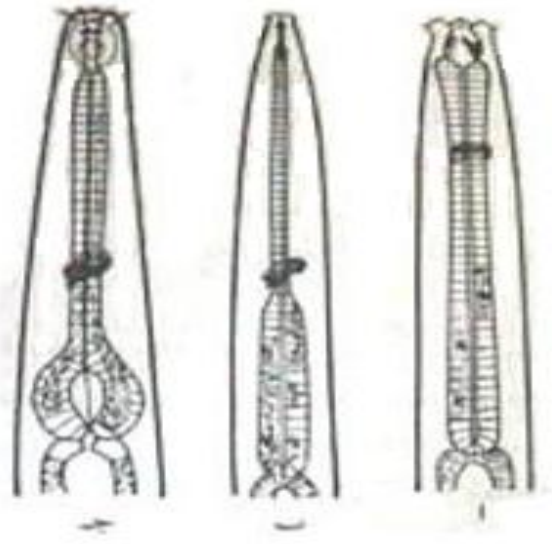
١ –جزء واحد اسطواني متساوي في الاتساع يعرف **بالمريء الاسطواني** (شكل 9أ). يوجد في النيماتودا المفترسة "مونونكص" *Mononchus* sp.

٢ –جزئين، ويأخذ الشكليين التاليين:

أ – **المريء القنيني:** يتكون من جزء أمامي ضيق يعرف بالجسم، وجزء خلفي منتفخ يعرف بالبصلة القاعدية. وهذا المريء يشبه شكل القارورة (شكل 9ب). يوجد في النيماتودا الخنجرية *Xiphinema* spp.، النيماتودا الابرية *Longidorus* spp.، ونيماتودا تقصف الجذور *Trichodorus* spp.

ب –**المريء البصلي:** يتكون من جزء أمامي أسطواني يعرف بالجسم، وآخر خلفي منتفخ بصلي الشكل يعرف بالبصلة القاعدية (شكل 9 ج). يوجد في النيماتودا "بلكتص" *Plectus* spp.

وتوجد الأشكال الثلاث للمريء وهي: المريء الاسطواني والمريء القنيني والمريء البصلي في طائفة "ادينوفوريا" Class: Adenophorea (شكل 9) .



شكل (9): الأشكال المختلفة للمريء في طائفة "ادينوفوريا" Class: Adenophorea.
(أ) المريء الاسطواني، (ب) المريء القنيني، (ج) المريء البصلي.

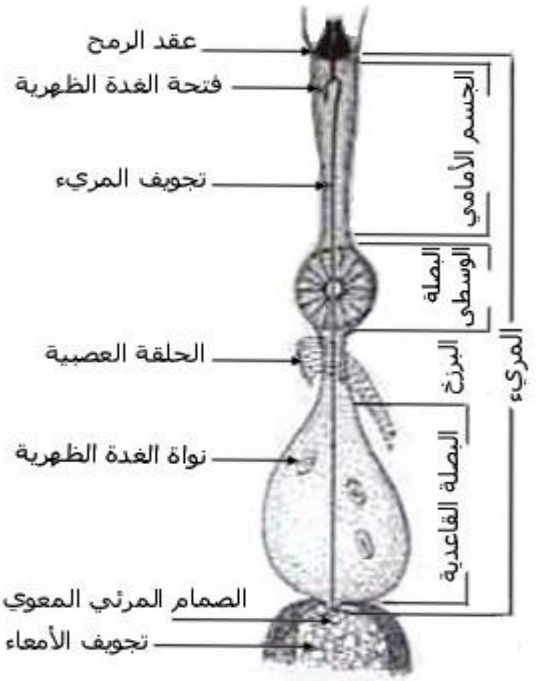
٣ -ثلاثة أجزاء رئيسة (شكل 10)، وهي:

أ- **الجسم:** ويتكون من

- جسم أمامي أسطواني يخلو من العضلات يعرف بالمريء الأمامي.
- جسم خلفي منتفخ يعرف **بالمريء الأوسط** وأحياناً يسمى **بالبصلة الوسطى** ويحتوي على **صمام مغلظ** يعمل كمضخة تساعد في امتصاص الغذاء وضخة للأسفل نحو الأمعاء.

ب_ البرزخ: وهو جزء ضيق يصل بين البصلة الوسطى والبصلة القاعدية، ويحيط به **الحلقة العصبية.**

جـ- البصلة القاعدية: وهي جزء منتفخ تحتوي على غدد المريء الثلاث (غدة ظهرية، وغدتين تحت بطنية) التي تفرز بعض الأنزيمات التي تساعد في عملية الهضم. ويخرج من هذه الغدد قنوات تفتح في ممر المريء عند البصلة الوسطى أو الجزء الأمامي من المريء.



شكل (10): الشكل النموذجي للمريء وأجزاؤه المختلفة.

ويتصل ممر المريء بالأمعاء بواسطة صمام يسمى **الصمام المريئي المعوي** وهو صمام ثلاثي شعاعي يعمل على منع رجوع الغذاء من الأمعاء إلى المريء.

وهذا النوع من المريء الذي يتكون من ثلاثة أجزاء رئيسة يأخذ عدة أشكال، منها:

١ -**الشكل النموذجي**

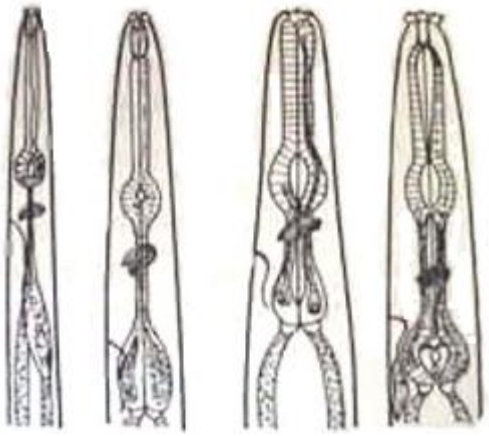
يتميز بوجود جميع أجزاء المريء المختلفة بشكل واضح حيث تأخذ البصلة القاعدية الشكل الكمثرى وتحتوي على صمام متصلب على شكل فراشة (شكل 11أ) كما في النيماتودا .*Rhabditis* spp.

٢ -**الشكل الدبلوقاستروييد:** يشبه إلى حد كبير الشكل النموذجي، إلا أنة لا يوجد صمام في البصلة القاعدية (شكل 11ب) كما في جنس "دبلوقستر" .*Diplogaster* spp.

٣ -**الشكل التايلنكويد:** وهو الأكثر شيوعا في نيماتودا النبات (شكل 11جـ)، إلا أن

- البصلة القاعدية تتحول إلى منطقة غدية كما في نيماتودا التقزم "تيلينكورينكص" *Tylenchorhynchus* .spp.
- البصلة الوسطى قد لا تحتوي على صمام وقد تختفي كما في جنس "نيوتيلينكص" *Neotylenchus*.

٤ -**الشكل الافلنكويد:** يشبه الشكل التايلنكويد إلا أن البصلة الوسطى كبيرة الحجم، وعلى شكل مستطيل نوعاً ما ذات صمام واضح تصب فيها جميع غدد المريء (شكل 11د) كما في النيماتودا الفطرية "افلينكص" *Aphelenchus* .sp.

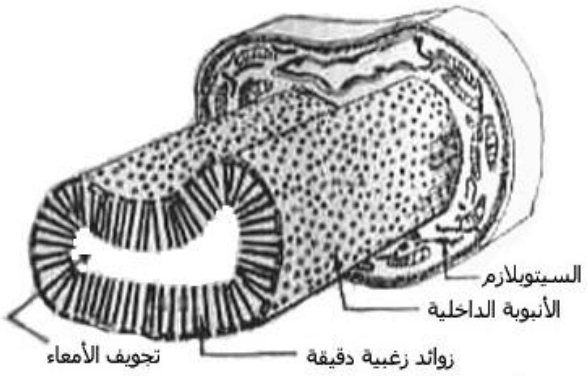


وهذه الأشكال الأربعة للمريء توجد في طائفة "سيسرنينتيا" Class: Secernentea التي تضم جميع معظم نيماتودا النبات (شكل 11).

شكل (11): الأشكال المختلفة للمريء في طائفة "سيسرنينتيا" Class: Secernentea. (أ) المريء االنموذجي، (ب) المريء الدبلوقاستروييد، (جـ) المريء التايلنكويد، (د) المريء الافلنكويد.

رابعاً- الأمعاء The intestine

عبارة عن أنبوبة بسيطة التركيب تقع في وضع مستقيم في تجويف الجسم. يتألف جدارها من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية، يبرز من أسطحها الداخلية بروزات سيتوبلازمية تشبه في مظهرها الأهداب (زوائد زغبية دقيقة) (شكل 12)، تزيد من سطح الامتصاص ويتم داخل هذه القناة إتمام عملية هضم الغذاء.



شكل (12): قطاع عرضي في أمعاء أحد أنواع النيماتودا.

خامساً- المستقيم Rectum

وهو الجزء الخلفي من الأمعاء، عبارة عن أنبوبة قصيرة منضغطة من الجهتين الظهرية والبطنية، ينتهي:

- بفتحة الشرج في الأنثى: وهي عبارة عن شق عرضي في الجهة البطنية من مؤخرة الجسم.
- وبفتحة المجمع في الذكر:وهي فتحة واحدة مشتركة للجهازين الهضمي والتناسلي.

الجهاز العصبي Nervous system

يتكون الجهاز العصبي أساساً من حلقة عصبية nerve ring تحيط بالمريء عند الجزء الضيق منة المعروف بالبرزخ أو بالقرب من منتصف المريء (شكل10). ويتفرع من هذه الحلقة عدداً من الأعصاب تمتد للإمام والخلف لتصل كل الأعضاء الحسية الموجودة على الجسم. وأهم الأعضاء الحسية التي توجد على جسم النيماتودا مايلي:

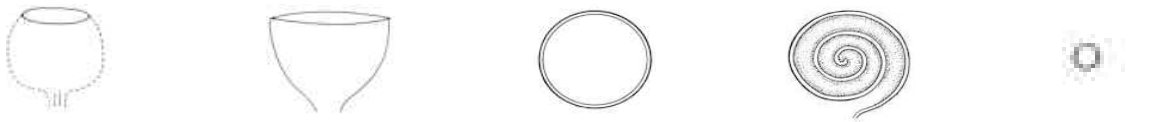
١ -حلمات شفوية

توجد على رأس النيماتودا حول الشفاه يصل عددها إلى 16 حلمة شفوية (6حلمات شفوية خارجية و 6حلمات شفوية داخلية و4 أشواك رأسية) (شكل7) تقوم بوظائف حسية هامة مثل اللمس والاستقبال الكيميائي لتوجيه النيماتودا للمكان المناسب للتغذية وكذلك تنبيها للمواد الكيماوية الجاذبة أو الطاردة الموجودة بالبيئة.

٢ -الامفيد

زوج من أعضاء الحس يعمل كمستقبل كيماوي في توجيه النيماتودا نحو جذور العائل استجابة لإفرازاتها الكيماوية، يقع على جانبي الرأس أو أسفلة، يظهر على هيئة فتحة خارجية على الكيوتيكل (شكل 13). وله عدة أشكال:

- في طائفة "سيسرنينتيا" Class: Secernentea يكون فتحة صغيرة الحجم مستديرة تقريباً.
- أما في طائفة "أدينوفوريا" Class: Adenophorea فتأخذ أشكال مختلفة منها الحلزوني، والدائري، والجيبي والشق الطولي.



شكل (13): الأشكال المختلفة للفتحات الامفيدية في النيماتودا.

٣ -الفازميد

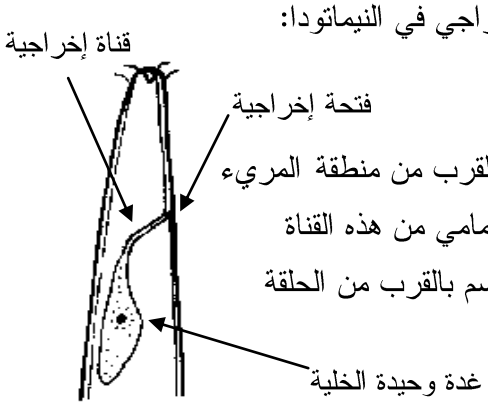
زوج من أعضاء الحس يوجد على جانبي مؤخرة الجسم وسط خطوط الحقل الجانبي. ويوجد في طائفة سيسرنينتيا Class: Secernentea فقط. وهو يشبه الأمفيد إلى حد كبير في تركيبه الداخلي ووظيفتة.

٤ –**ديريد:** زوج من أعضاء الحس يقع على جانبي الجسم وسط الحقول الجانبية في منطقة الحلقة العصبية، وهو غير معروف الوظيفة.

٤ –**الهيميزونويد:** يظهر كمنطقة لامعة بين الكيوتيكل والهيبوديرمس في الجهة البطنية بالقرب من الفتحة الإخراجية.

الجهاز الإخراجي Excretory System

وظيفته: تجميع المواد التي يريد الجسم التخلص منها وإفرازها للخارج عن طريق قناة إخراجية وفتحة إخراجية توجد في الجهة البطنية وفي النصف الأمامي من الجسم. ويوجد نوعين من الجهاز الإخراجي في النيماتودا:



شكل (14):جهاز إخراجي غدي

١ –**الجهاز الإخراجي الغدي**

يتكون من **غدة إخراجية** وحيدة الخلية (الشكل 14)، 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: Adenophorea.

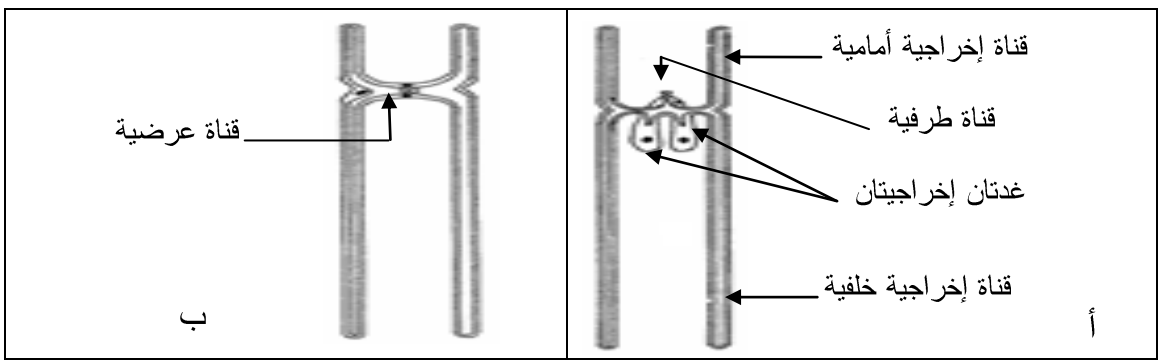
٢ –**الجهاز الإخراجي الأنبوبي**

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

أ – على شكل حرف "ايتش" بالانجليزية 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:

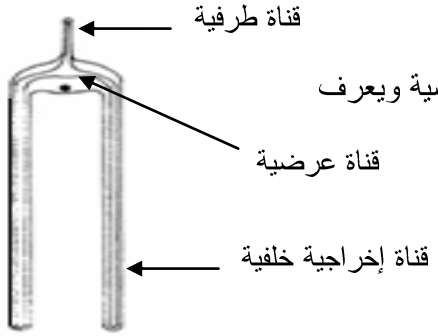
- قد يتصل بالقناة العرضية غدتان إخراجيتان ويعرف هذا النوع باسم "رابدي تويد" Rhabditoid (شكل 15أ).
- وقد لا يتصل بالقناة العرضية أي غدة ويعرف هذا النوع باسم أوكسيو رويد Oxyuroid (شكل 15ب).



شكل (15): جهاز إخراجي أنبوبي على شكل حرف "ايتش" H.

ب -على شكل حرف "يو" بالانجليزية مقلوب n

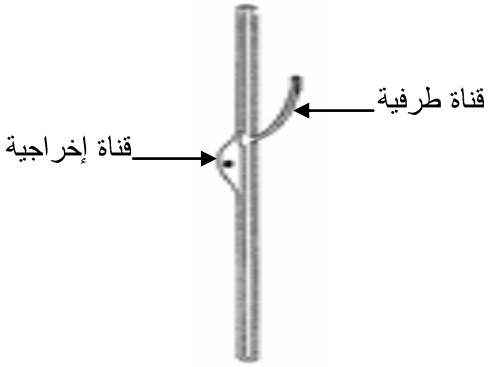
يختزل أو يغيب الجزء الأمامي من القناتين الجانبيتين أمام القناة العرضية ويعرف هذا النوع باسم سيفالوبويد Cephaloboid (شكل 16).



شكل (16)

جـ – 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 17).



شكل (17)

الجهاز التناسلي Reproductive System

معظم أجناس النيماتودا ثنائية المسكن (الجنس) حيث يمكن التميز بين الذكور والإناث. فالإناث لها فتحة تناسلية مستقلة عن فتحة الشرج. أما الذكور فلها فتحة واحدة هي فتحة المجمع حيث تشترك الفتحة التناسلية وفتحة الشرج في هذه الفتحة. إلا أن هناك حالات قليلة تكون فيها النيماتودا خنثى Hermaphrodites حيث يظهر على الأنثى مظهر الجنسين معاً كما في بعض أنواع النيماتودا الحلزونية "هليكوتيلينكص دچنيكص" *Helicotylenchus digonicus*.

يتشابه الجهاز التناسلي كثيرا في كل من الذكر والأنثى، إذ يتكون الجهاز أساسا من غدة أو غدتين تناسليتين تختلفان في الشكل والحجم والوضع باختلاف النيماتودا. والغدة التناسلية (أو الغدتان) إما أن تكون مستقيمة أو منعكسة أو ملتفة.

الجهاز التناسي في الأنثى Female reproductive system

يوجد نوعين من الجهاز التناسي في الأنثى:

١ -أحادي التركيب monodelphic: ويتكون من مبيض واحد ورحم واحد، وهو إما أن يكون:

أ –مبيض ممتد للإمام مستقيم (شكل 18هـ) كما في نيماتودا السوق والأبصال *Ditylenchus* spp.

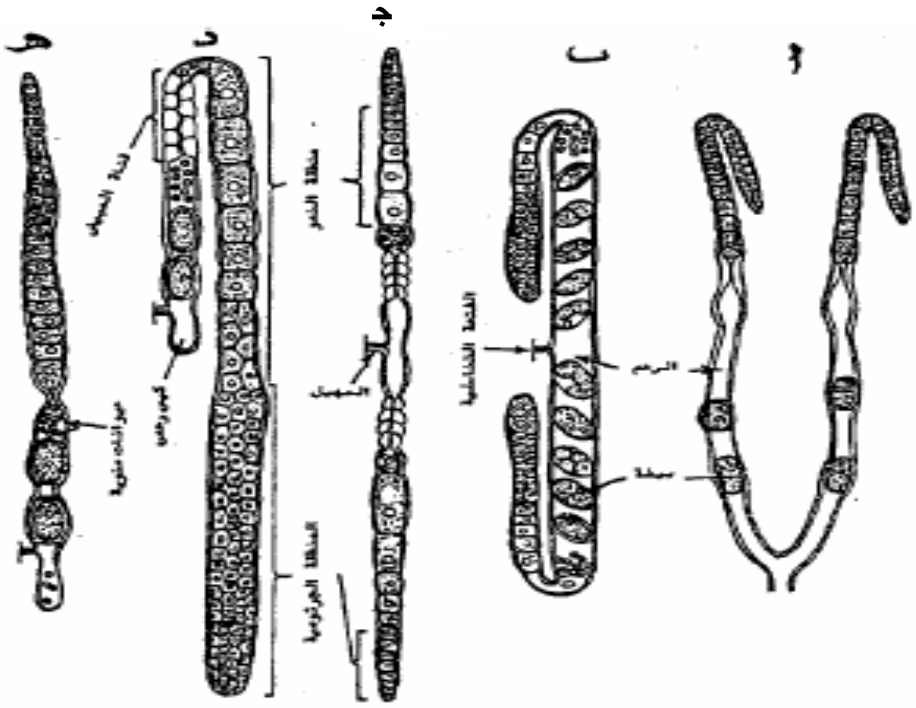
ب -مبيض ممتد للإمام ومعكوس للخلف(شكل 18د) كما في نيماتودا "بنقرو ليمص" *Panagrolaimus* spp.

٢ -ثنائي التركيب Didelphic: يتكون من مبيضين ورحمين متشابهان في الشكل، ويأخذ عدة أشكال، منها:

أ –مبيض واحد ممتد للإمام والآخر ممتد للخلف والفتحة التناسلية في الوسط (شكل 18جـ) كما في نيماتودا التقزم *Tylenchorhynchus* spp.

ب –مبيضان متضادين في الاتجاه ومنعكسان، والفتحة التناسلية في الوسط (شكل 18ب) كما في نيماتودا *Rhabditis* spp.

جـ – مبيضان ممتدان للإمام ومنعكسان، والفتحة التناسلية في وضع خلفي للجسم قرب مؤخرة الجسم (شكل 18أ) كما في نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. ونيماتودا الحوصلات *Heterodera* spp. والنيماتودا الذهبية *Globodera* spp.



شكل (18):الأشكال المختلفة للجهاز التناسلي في الأنثى.

(أ) غدتان تناسليتان متجهتان للإمام ومنعكستان. (د) غدة تناسلية أمامية منعكسة.

(ب) غدتان تناسليتان متضادتان في الاتجاه ومنعكستان. (هـ) غدة تناسلية أمامية مستقيمة.

(جـ) غدتان تناسليتان متضادتان في الاتجاه ومستقيمتان.

وبصفة عامة فإن الجهاز التناسلي في الأنثى (شكل19) يتكون من المناطق التالية:

١ –**المبيض:** يقوم بإنتاج البيض، وينقسم إلى منطقتين:

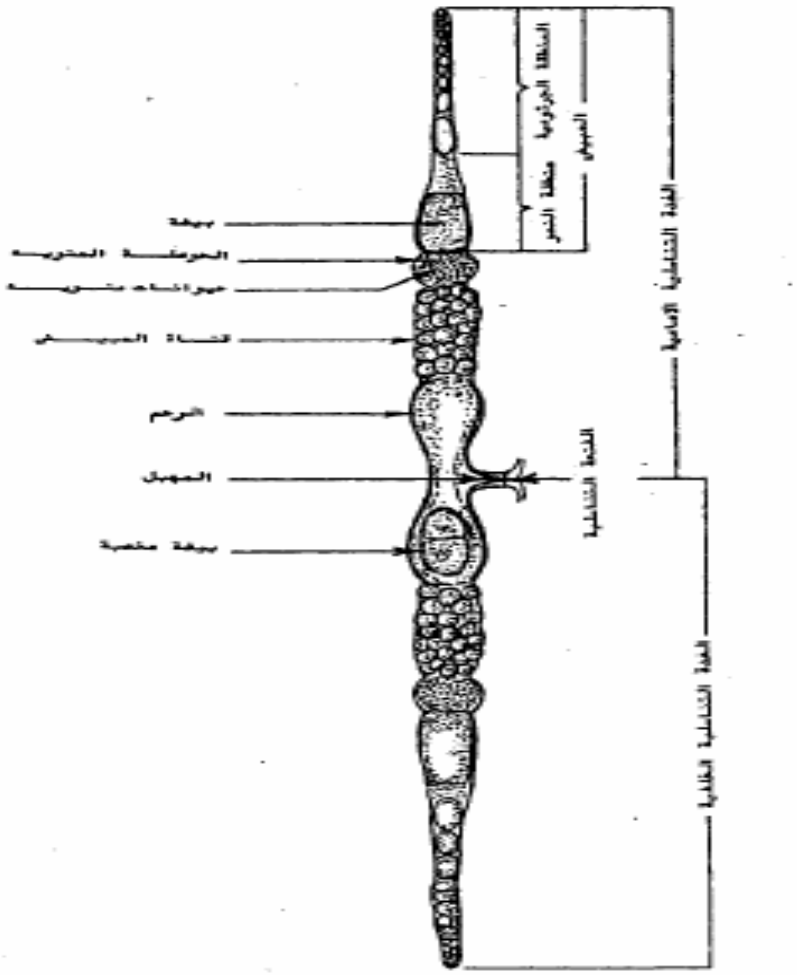
- منطقة جرثومية: يحدث فيها انقسامات سريعة للبويضات الأولية.
- منطقة النمو: يزداد فيها حجم الخلايا البيضية.

2- **قناة المبيض:** أنبوبة ضيقة تقع بين المبيض والرحم. في بعض أنواع النيماتودا ينتفخ الجزء الواقع بين هذه القناة والرحم ليشكل قابلة (حافظة) منوية يخزن فيها أعداد كبيرة من الحيوانات المنوية ليتم إخصاب البيض، وإذا لم يكن هناك قابلة منوية قام الجزء الأمامي من الرحم بوظيفتها.

٣- **الرحم:** أنبوبة عريضة يقوم بتغليف البيض- القادم من قناة المبيض بعد إخصابه- بالقشرة الخارجية.

٤- **المهبل:** ينتهي الرحم بالمهبل، وهو أنبوبة قصيرة مزودة بعضلات لدفع البيض إلى الخارج من خلال الفتحة التناسلية.

٥- **الفتحة التناسلية:** وهي عبارة عن شق عرضي في الجهة البطنية تقع عادة في الثلث الأوسط من الجسم، أو في نهايته بالقرب من فتحة الشرج في حالة الإناث المنتفخة كإناث نيماتودا تعقد الجذور والحوصلات. والفتحة التناسلية مزودة بتركيب عضلي خاص يتحكم في فتحها عند وضع البيض.



شكل (19): تركيب الجهاز التناسلي في الأنثى.

الجهاز التناسلي في الذكر Male reproductive system

يتكون من المناطق التالية (شكل 20):

١ -**الخصية:** تقوم بإنتاج الحيوانات المنوية، وتقسم إلى منطقتين:

- منطقة جرثومية: يحدث فيها انقسام الخلايا الجنسية.
- منطقة النمو: يتم فيها نضج الحيوانات المنوية.

وتتميز ذكور نيماتودا النبات في

- طائفة "سيسرنينتيا" Class: Secernentea بوجود خصية واحدة، ماعدا ذكور نيماتودا تعقد الجذور التي تمتلك خصية أو خصيتين متجهتين إلى الأمام ومشتركتين في وعاء ناقل واحد.
- طائفة "أدينوفوريا" Class: Adenophorea بوجود خصيتين في اتجاهين متعاكسين تشتركان في وعاء ناقل واحد، ماعدا نيماتودا تقصف الجذور التي تمتلك خصية واحدة فقط.

٢ -**الحوصلة المنوية:** تفتح الخصية في الحوصلة المنوية التي يتم فيها تخزين الحيوانات المنوية.

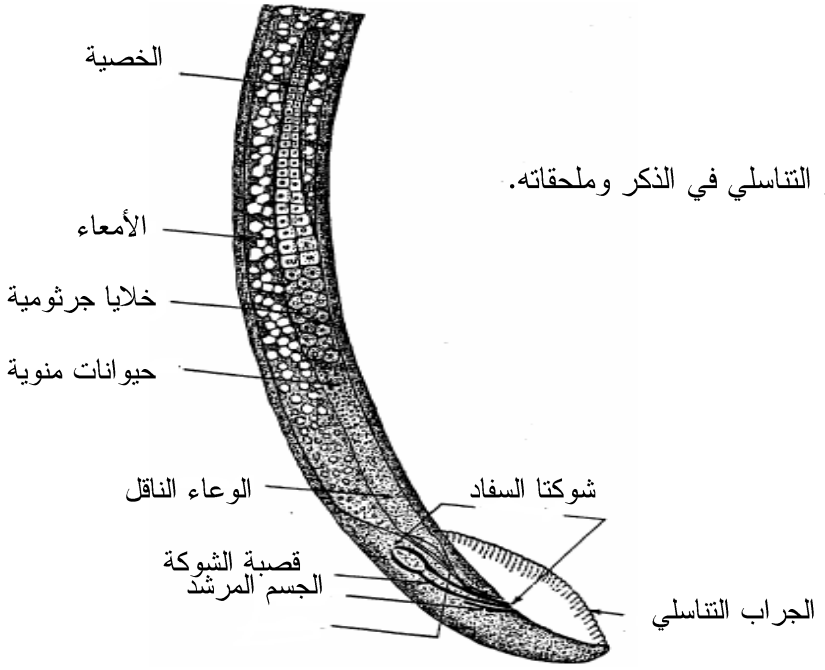
٣ -**الوعاء الناقل:** يلي الحوصلة المنوية، ومزود بقناة قاذفة تفتح في المجمع وتعمل على قذف الحيوانات المنوية إلى فتحة المجمع.

ويلحق بفتحة المجمع عدد من التراكيب الخاصة التي تساعد في عملية السفاد، وهي:

أ **شوكتي السفاد:** تعمل على اتساع الفتحة التناسلية والمهبل في الأنثى أثناء عملية السفاد.

ب -**الجسم المرشد:** يقوم بتوجيه حركة شوكتي السفاد حتى يحمي جدار المجمع منهما.

جـ- الجراب التناسلي "البرسا" Bursa: يحيط بفتحة المجمع وقد يغطي معظم أو كل الذيل. يقوم بالمساعدة في أثناء عملية السفاد.



شكل (20): تركيب الجهاز التناسلي في الذكر وملحقاته.

الفصل الثالث

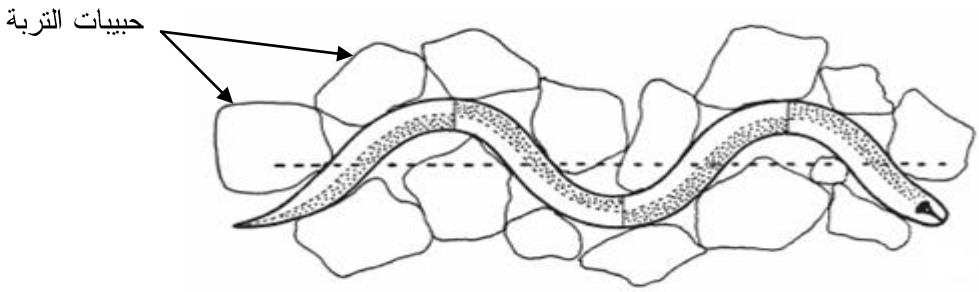
بعض الوظائف الحيوية في النيماتودا
Some Biological Functions of Nematodes

أولاً- الحركة في النيماتودا Locomotion of Nematodes

تختلف الحركة في النيماتودا من جنس إلى آخر، حيث توجد خمسة أنواع رئيسية لحركة النيماتودا، هي:

١ -حركة الدفع التموجية (الحركة الثعبانية) Undulatory propulsion

تنشأ عن سلسلة من التموجات الظهرية البطنية الناتجة عن انقباض وانبساط العضلات حيث تبدأ من الأمام إلى مؤخرة الجسم (شكل 21)، وقد تبدأ من المؤخرة في أحيان أخرى. وهذه الحركة هي الأكثر شيوعاً بين النيماتودا. ويختلف شكل هذه الحركة من الزحف أو الانزلاق على الأسطح الصلبة إلى السباحة، وذلك حسب كمية الرطوبة المتوفرة وطبيعة البيئة المحيطة وكذلك نوع النيماتودا.



شكل (21): حركة الدفع التموجية في النيماتودا بين حبيبات التربة.

٢ -الحركة شبة الدودية Wave-like contractions

تنتج عن انقباضات وانبساطات متبادلة للعضلات حيث تبدأ من مؤخرة الجسم ثم تنتقل إلى الأمام بمعدل موجة واحدة في كل مرة. وتوجد هذه الحركة في النيماتودا الحلقية *Macroposthonia* spp.

٣ -الحركة شبة اليرقية Caterpillar-like movement

تتميز بها نيماتودا واحدة هي "ديسكوسكولاكسي" *Descoscolex* spp. تتميز هذه النيماتودا بوجود سلسله من الاشواك أو الزوائد الطويلة تبرز من صفوف حلقات الجسم، تسمح هذه الزوائد بالاضافة إلى موجة انقباضات تبدأ من مؤخرة الجسم بالتحرك حركة تشبه المشي. وهذا النوع من الحركة يشبه حركة يرقات بعض الحشرات.

٤ -حركة التحليق Looping movement

تعرف بها النيماتودا البحرية "شيتوسوما" *Chaetosoma* sp.. تتميز هذه النيماتودا بوجود عدد قليل من الزوائد المجوفة تقع في الطرف الامامي للجسم وكذلك بالجهة بالطنية بالقرب من مؤخرة الجسم. هذه الزوائد تفرز مواد لاصقة تساعد النيماتودا على تثبيت نفسها عل الاعشاب البحرية. وتتم الحركة بواسطة تبادل اتصال وانفصال الذيل والرأس.

٥ -حركة القفز **Leaping movement**

تتميز بها يرقات نيماتودا "نيوابلاكتينا كاربوكابي" *Neoaplactana carpocapi* حيث تتحرك بتكوين نوع من جسور الانتقال bridging بين السطوح البارزة. أما إذا لم تستطيع تكوين جسر انتقال فإنها تشكل حلقة ومن ثم تقفز.

وعموما فإن حركة النيماتودا في التربة تتأثر بعدد من العوامل، منها:

١ -نوع التربة.
٢ -درجة الحرارة والرطوبة.
٣ -كمية الاكسجين.
٤ -المسافات بين حبيبات التربة.
٥ -سمك الغلاف المائي المحيط بالنيماتودا.
٦ -جسم النيماتودا.

ثانيا- طرق التكاثر Mode of Reproduction

يتم التكاثر في النيماتودا بعدة طرق، هي:

١ -**التكاثر الجنسي Sexual Reproduction**

يعرف بالاخصاب الخلطي Amphimixes وهو الشائع في نيماتودا النبات حيث تحدث عملية السفاد بين الجنسين لإخصاب البيض بالحيوانات المنوية الذكرية. والذكور ليس لها دور في عملية التطفل وإحداث الضرر للنبات، و إنما يقتصر دورها على عملية الإخصاب، بعدها تموت بعد أداء هذه المهمة. وتتم عملية السفاد بين الجنسين بإفراز ذكر النيماتودا حيواناته المنوية في مهبل الأنثى عن طريق الفتحة التناسلية لها وبمساعدة أشواك الجماع. تنتقل الحيونات المنوية إلى الرحم ومنه إلى القابلة المنوية، حيث يتم إخصاب البيض الذي ينتجه المبيض. بعد ذلك يمر البيض المخصب إلى الرحم حيث ينمو الجنين بداخله ويخرج للخارج خلال الفتحة التناسلية.

٢ -**التكاثر البكري Parthenogenetic Reproduction**

تتميز بعض أنواع النيماتودا بأن خلايا البيض داخل رحم الإناث تنمو وتتطور دون حدوث إخصاب، والبيض الناتج يكون قادراً على إنتاج أفراد جديدة (يرقات صغيرة). وتلجأ إليه النيماتودا نتيجة:

- لقلة عدد الذكور، كما في بعض أنواع نيماتودا تعقد الجذور .*Meloidogyne* spp و نيماتودا الحوصلات .*Heterodera* spp.
- لانعدام الذكور تماما، كما في بعض أنواع نيماتودا التقرح *Pratylenchus scribneri*.

٣ -**الإخصاب الذاتي Self-fertilization**

يحدث في النيماتودا الخنثى، حيث تقوم الأنثى عند غياب الذكر بإنتاج البويضات بالإضافة إلى الحيوانات المنوية الذكرية داخل جهازها التناسلي عن طريق الغدد الجنسية. وتضع الأنثى البيض الذي لا يختلف في شيء عن البيض الناتج بالطريقة السابقة. ويظهر على الأنثى مظهر الجنسين معا كما في النيماتودا الحلزونية "هيليكوتيلنكص ديقانيكص" *Helicotylenchus digonicus* وكثير من أنواع النيماتودا المترممة saprophagous nematodes.

4- الإخصاب الكاذب Pseudogamy

وهو مرحلة وسيطة في التطور إلى التكاثر البكري، يحدث في النيماتودا التي تتكاثر بالإخصاب الخلطي وكذلك في النيماتودا الخنثى كما في نيماتودا *Rhadbitis aberrans*. وبالرغم من أن الحيوان المنوي ضروري جدا لتنشيط البويضة ودفعها على الانقسام لكن ليس له أي دور في تطور الجنين والمشاركة بتركيبه الوراث ي، إذ لا يحد ث أي اندماج بين نواتي الحيوان المنوي والبويضة.

ثالثا- طرق وضع البيض Egg Laying

تضع إناث النيماتودا البيض بعدة طرق، تختلف باختلاف طبيعة تغذيتها وتطفلها. وهذا يعكس درجة تطور النيماتودا وتخصصها العائلي. ويمكن ترتيب طرق وضع البيض من الأدنى إلى الأعلى على النحو التالي:

١ **وضع البيض فرديا في التربة**

يكون البيض معرض للتلف أو الافتراس أو للتقلبات الطبيعية في التربة كالحرارة والرطوبة. وتعتبر نيماتودا هذه المجموعة أقل تخصصا في عوائلها النباتية، كما في النيماتودا ذات التطفل الخارجي على الجذور مثل النيماتودا الخنجرية *Xiphinema* spp.

٢ **وضع البيض فرديا داخل نسيج العائل**

يعتبر هذا النوع أعلى درجة من سابقة لانة يحافظ على البيض من التلف والافتراس كذلك اليرقات حديثة الفقس تجد نفسها في وسط نسيج العائل، حيث تبدأ التغذية مباشرة دون اللجوء إلى البحث عن العائل، كما في النيماتودا ذات التطفل الداخلي مثل نيماتودا التقرح *Pratylenchus* spp.

٣ **وضع البيض في كتل جيلاتينية خارج نسيج العائل**

تعتبر أكثر تطوراً من سابقتها، لان المادة الجيلاتينية تعمل على المحافظة على البيض من الجفاف والمفترسات، نظرا لأنها مادة لاتستسيغها المفترسات، كما في النيماتودا الكلوية *Rotylenchus reniformis*.

٤ **وضع البيض في كتل جيلاتينية داخل نسيج العائل**

تعتبر أكثر حماية من سابقتها، لان المادة الجيلاتنية محاطة بنسيج العائل، وعلية فأن النيماتودا في هذه المجموعة أكثر تطورا في تطفلها وعلاقتها بالعائل، كما في نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.

٥ **الاحتفاظ بالبيض داخل الحويصلات**

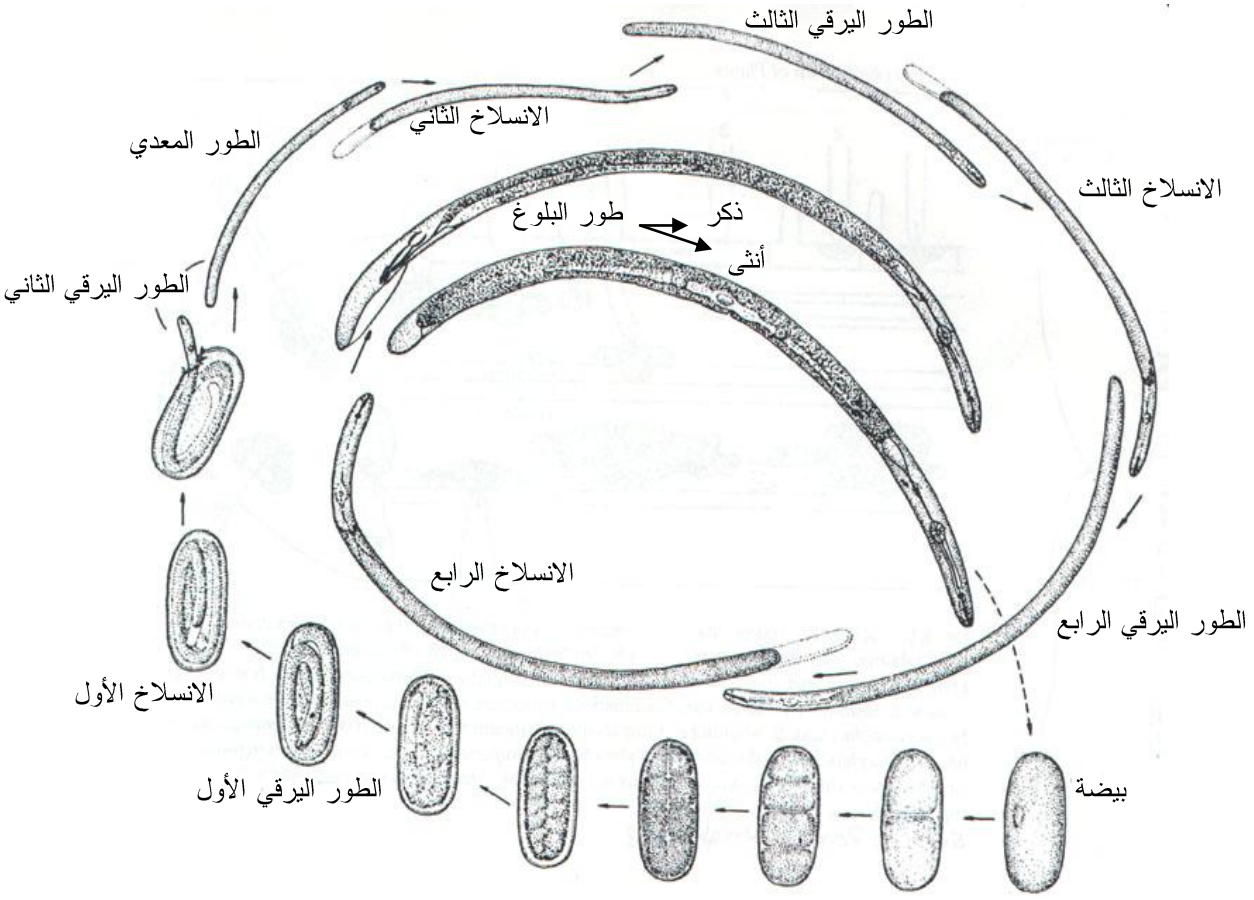
تعتبر هذه الطريقة أكثر أنواع النيماتودا تطوراً لان جسم الأنثى يتحول إلى كيس صلب يحفظ البيض بداخله، ويوفر له حماية كاملة قد تمتد إلى عشرات السنين، ولا يتم فقس البيض وخروج اليرقات من هذه الحوصلة إلا بوجود منبه خاص (يعرف بعامل الفقس) تفرزه جذور العائل المناسب كما في نيماتودا الحوصلات *Heterodera* spp.

٦ وضع البيض في مبايض الأزهار

تضع إناث النيماتودا بيضها داخل مبايض الأزهار. ويفقس البيض إلى يرقات الطور الثاني التي تسكن داخل أغلفة المبيض الذي يوفر لها حماية كبيرة وتنتقل بداخلها مع الحبوب السليمة لحين زراعتها في الموسم الجديد. وقد تظل اليرقات ساكنة داخل الحبوب لعشرات السنين تقاوم ظروف الجفاف. وتعتبر هذه النيماتودا في أعلى درجات سلم التخصص العائلي، ومن أمثله ذلك نيماتودا تثألل حبوب القمح *Anguina tritici*.

رابعاً- دورة حياة النيماتودا المتطفلة على النبات
Life cycle of Plant-parastic Nematodes

دورة حياة معظم أنواع النيماتودا المتطفلة على النباتات بسيطة ومتشابهة ، فالنيماتودا تمر بثلاثة أطوار هي 1- طور البيضة 2- طور اليرقة 3- طور الدودة البالغة. فالبيض الذي تضعه الأنثى يفقس الى يرقات صغيرة تنمو وتمر بأربعة أعمار (أطوار)، وتنتقل اليرقة من عمر (طور) الى آخر بانسلاخ جلدها، وأول انسلاخ يجري داخل البيضة، وبعد الانسلاخ الأخير تصل اليرقة الى تمام نموها حيث تتميز جنسياً الى ذكر أو أنثى بالغين (شكل 22).



شكل (22): دورة حياة النيماتودا المتطفلة على النبات

وتتراوح دورة الحياة بين 3–8 أسابيع وقد تزداد عن ذلك ويعتمد طول دورة الحياة (من البيض إلى البيض) على عدة عوامل، منها:

١ -درجة الحرارة والرطوبة: تزداد مدة دورة الحياة في المناطق الباردة وكذلك في الفصول الجافة.

٢ -نوع النيماتودا: فمثلاً يبلغ متوسط دورة الحياة في

- نيماتودا البراعم والأوراق *Aphelenchoides* spp. حوالي 14 يوم.
- نيماتودا الموالح *Tylenchulus semipentrans* حوالي 50 يوم.

ويمكن التميز بين الاطور اليرقية، حيث تكون متشابهه مورفولوجياً، عن طريق:

١ -زيادة حجمها مع التطور حيث يكون الطور اللاحق أكبر حجماً من السابق.

٢ -تطور الجهاز التناسلي في الاطوار البالغة وذلك بملاحظة الفتحة التناسلية في الانثى وأعضاء السفاد في الذكر.

الفصل الرابع

التغذية والتطفل في النيماتودا المتطفلة على النبات

Parastism and Feeding in Plant-parasitic Nematodes

جميع النيماتودا المتطفلة على النباتات هي طفيليات إجبارية، لا تستطيع العيش والتكاثر ما لم تحصل على غذائها من عوائلها النباتية الحية. وتختلف أنواع النيماتودا المتطفلة على النبات في طبيعة تطفلها وأماكن وجودها بأنسجة عوائلها ومدى الأضرار التي تسببها لها. وعلى ذلك يمكن تقسيم النيماتودا حسب طريقة تغذيتها وتطفلها على النبات إلى المجاميع التالية:

أولاً- طفيليات على الأجزاء النباتية تحت سطح التربة Parasites of Below-Ground Plants Parts

تشمل الأنواع المتطفلة على الجذور والدرنات والسوق الأرضية الأخرى. و تقسم هذه المجموعة من حيث طبيعة تطفلها وتغذيتها على الجذور إلى الأقسام التالية (شكل 23):

1- طفيليات داخلية Root endoparasites

تدخل النيماتودا الجذور النباتية بعد اختراقها وتتغذى على أنسجتها من الداخل وقد تكون ساكنة أو متجولة داخل الجذور.وتقسم إلى:

أ- ساكنة Sedentary

تخترق النيماتودا جذور العائل، وتستقر، ثم تبدأ في التغذية وجميع جسمها داخل الجذر، حيث لا تتحرك طيلة فترة حياتها باستثناء نيماتودا الحوصلات وشبة الحوصلات فهي نيماتودا شبة داخلية خلال تطورها حيث يبرز جزء من جسمها خارج أنسجة الجذر. وتتميز الإناث بأن أجسامها منتفخة وتظل الذكور أسطوانية الشكل. ومنها الأجناس التالية:

- نيماتودا تعقد الجذور "ميلودوجين" *Meloidogyne* spp
- نيماتودا تعقد الجذور الكاذب "ناكوبص" *Nacobbus*
- نيماتودا شبة الحوصلات "ميلودوديرا" *Meloidodera*

ب- متجولة Migratory

تخترق النيماتودا جذور العائل لكنها تظل متحركة (متنقلة) داخل الجذر طيلة فترة حياتها، وأحياناً تخرج إلى التربة ثم تعود إلى الجذور. وتحتفظ الإناث بشكلها الدودي الأسطواني، وتسبب هذه النيماتودا تقرحات شديدة في أنسجة النبات. ويمثل هذه المجموعة النيماتودا التالية:

- نيماتودا التقرح "براتيلنكص" *Pratylenchus*
- النيماتودا الحفارة "رودوفولص سيميلز" *Radopholus similis*
- نيماتودا الأرز "هيرش مانيلا" *Hirschmanniella*
- بعض أنواع نيماتودا السوق والأبصال "دايتلينكص" *Ditylenchus*

2- طفيليات شبة (نصف) داخلية Root semi-endoparasites

تدخل النيماتودا مقدمة جسمها أو النصف الأمامي من جسمها داخل الجذر وقد تكون ساكنة أو متجولة أثناء التغذية على الجذور. وتقسم إلى:

أ- ساكنة Sedentary

تتميز نيماتودا هذه المجموعة بأن الإناث الناضجة تكون كروية أو كلوية الشكل، بينما تكون الذكور صغيرة الحجم وتقل قدرتها على التغذية. ويمثل هذه المجموعة النيماتودا التالية:

- نيماتودا الموالح "تايلينكيولص سيمي بنترنس" *Tylenchulus semipenetrans*
- النيماتودا الكلوية "روتايلينكيولص" *Rotylenchulus*
- نيماتودا الحوصلات "جلوبوديرا" *Globodera* و "هيتروديرا" *Heterodera*

ب- متجولة Migratory

تتميز نيماتودا هذه المجموعة بأن جميع الأطوار اليرقية والذكور والإناث أطواراً متحركة نشيطة ، تتغذى عادة وجزء من مقدمة الجسم مدفون في الجذر. ويمثل هذه المجموعة النيماتودا التالية:

- نيماتودا التقزم "تايلنكو رينكص" *Tylenchorhynchus*
- النيماتودا الرمحية "هوبلوليمص" *Hoplolaimus*
- مجموعة النيماتودا الحلزونية "روتايلينكص" *Rotylenchus* و "هيليكوتايلينكص" *Helicotylenchus* و "سكيوتيلونيما" *Scutellonenma*

3- طفيليات خارجية Root ectoparasites

تتغذى النيماتودا على الجذور من الخارج دون اختراقها. وتتميز بوجود رمح طويل جداً الذي يمتص العصارة من الجذر، وقد تكون ساكنة أو متجولة أثناء التغذية على الجذور. وتقسم إلى:

أ- ساكنة Sedentary

تعتبر نيماتودا هذه المجموعة ساكنة في تغذيتها إلى حد ما حيث أن الرمح الطويل هو الذي يخترق جذور العائل. ويمثل هذه المجموعة كل من:

- النيماتودا الدبوسية "باراتيلنكص" *Paratylenchus*
- النيماتودا الحلقية "ماكروباستونيا" *Macroposthonia*
- النيماتودا الغمدية "هيمي سايكلوفورا" *Hemicycliophora*
- النيماتودا "كريكونيما" *Criconema*
- النيماتودا "هيمي كريكونيمويدس" *Hemicriconemoides*

ب- متجولة Migratory

تتحرك نيماتودا هذه المجموعة باستمرار، وتتغذى على الجذور بحرية كاملة، ويمثل هذه المجموعة كل من:

- النيماتودا الخنجرية "زيفينيما" *Xiphinema*
- نيماتودا تقصف الجذور "تريكودورس" *Trichodorus*
- النيماتودا الإبرية "لونجي دورس" *Longidorus*
- النيماتودا الواخزة "بيلونوليمص" *Belonolaimus*
- النيماتودا المخرازية "دوليكودورس" *Dolichodorus*

ثانياً- طفيليات على الأجزاء النباتية فوق سطح التربة Parasites of Above-Ground Plants Parts

تقضي هذه النيماتودا جزءاً من حياتها في التربة في بقايا أجزاء العائل المصاب. وعند توفر الظروف البيئية الملائمة والعائل المناسب، فإنها تتسلق وتهاجم البادرات الصغيرة النامية ثم تصيب الأجزاء المختلفة من النبات فوق سطح التربة كالسوق والأوراق والبراعم والأزهار حيث تكمل دورة حياتها وتتكاثر. وتضم هذه المجموعة النيماتودا التالية:

- نيماتودا السوق والأبصال "دايتلينكص دبساسي" *Ditylenchus dipsaci*
- نيماتودا بثألل حبوب القمح "أنجوينا ترتساي" *Anguina tritici*
- نيماتودا البراعم والأوراق "أفيلينكويدس" *Aphelenchoides*
- نيماتودا نخيل جوز الهند "رادينافيلنكص كوكوفيلص" *Rhadinaphelenchus cocophilus* تسبب مرض الحلقة الحمراء في نخيل جوز الهند.

وتتغذى نيماتودا هذه المجموعة كطفيليات داخلية متجولة، باستثناء بعض أنواع نيماتودا السوق والأبصال و نيماتودا بثألل حبوب القمح يمكن أن تتطفل خارجياً.

والحقيقة أن طبيعة العلاقة التطفيلية بين النيماتودا والعائل النباتي تعتمد على نوع النيماتودا، وعلى عائلها النباتي وأحياناً على طور النيماتودا فمثلاً بعض أنواع النيماتودا الحلزونية *Helicotylenchus* spp. يمكن أن تكون طبيعة تطفلها خارجية أو داخلية أو شبه داخلية حسب النوع والعائل المصاب.

ويمكن تلخيص ميكانيكية التغذية في النيماتودا المتطفلة على النبات في النقاط التالية:

1- استكشاف موقع التغذية بتحرك النيماتودا حول منطقة التغذية بواسطة الشفاه المزودة بعدد من أعضاء الحس.

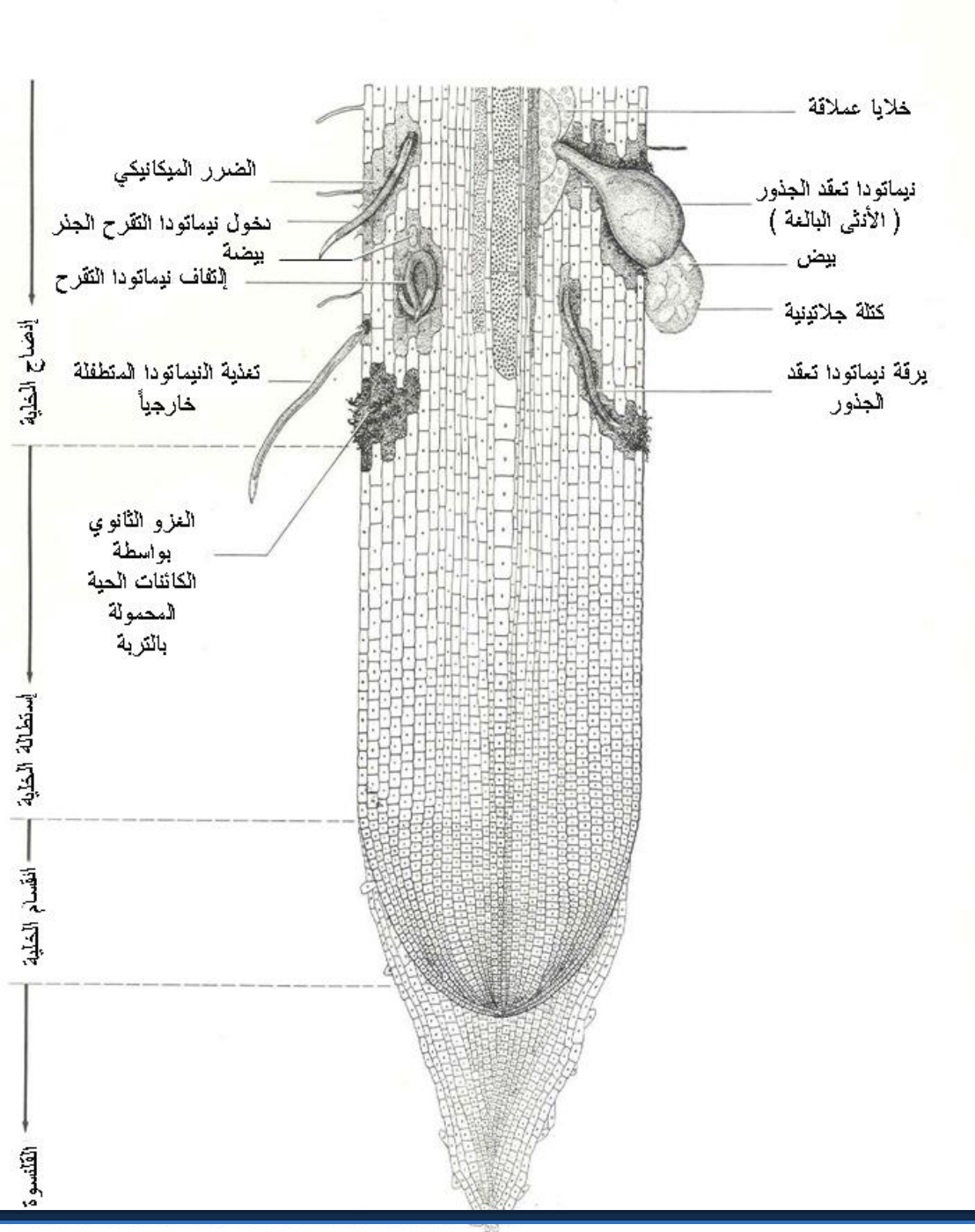
2- إحداث ثقب في جدار الخلية بواسطة رمحها.

3- حقن العصارات الهاضمة التي تفرزها غدة المريء الظهرية وبمساعدة المرئ إلى داخل الخلية النباتية.

4- امتصاص الغذاء (محتويات الخلية النباتية) عبر تجويف الرمح وبمساعدة المريء.

5- سحب الرمح ليعود إلى مكانة داخل الجسم وفصل شفاهها من على مكان التغذية ثم الانتقال إلى موقع تغذية آخر.

تختلف فترة التغذية كثيراً في الموقع الواحد باختلاف النيماتودا، فقد تستغرق أقل من دقيقة إلى عدة أيام، كما تختلف التأثيرات التي تحدثها طبيعة التغذية في الخلايا من تأثير بسيط جداً إلى تغيرات فسيولوجية وتشريحية كبيرة.



شكل (23): أماكن تغذية وتطفل بعض انواع النيماتودا المتطفلة على جذر النبات.

الفصل الخامس

الأعراض المرضية التي تسببها النيماتودا للنباتات
Symptoms of Nematode Injury to Plants

تؤدي إصابة النباتات بالنيماتودا إلى ظهور أعراض ظاهرية على المجموع الجذري وعلى أجزاء المجموع الخضري. وأسهل وقت لتشخيص هذه الأعراض هو في الربيع والصيف، إذ تنمو المزروعات بنشاط يرافقه تغذية النيماتودا وتكاثرها بحيوية كبيرة حتى تصل كثافتها إلى أشدها في نهاية موسم النمو . وتقسم الأعراض المرضية التي تسببها النيماتودا للنباتات الى قسمين رئيسيين، هما:

1- أعراض ظاهرية Morphological symptoms

2- أعراض تشريحية Histological symptoms

الأعراض الظاهرية

وهي التي يمكن مشاهدتها بالعين المجردة على المجموع الخضري أو الجذري مثل الذبول والتقزم وتعقد وتقرح الجذور. وتقسم هذه الأعراض إلى:

أولاً- الأعراض على المجموع الخضري

تنتج هذه الأعراض عن تغذية النيماتودا مباشرة على أجزاء المجموع الخضري مسببة لها إصابات، أعراضها كما يلي:

١ **موت البراعم الطرفية والقمم النامية والبراعم الزهرية Dead or Devitalized Buds**

تؤدي إصابتها بالنيماتودا إلى تساقطها وتعرف النباتات التي تظهر عليها هذه الأعراض بالنباتات العمياء كما في حالة الإصابة بنيماتودا البراعم والأوراق "أفيلينكويدس فراجيريا" *Aphelenchoides fragaria* و "أفيلينكويدس بيساي" *A. besseyi* على نباتات الفراولة.

٢ **تجعد والتواء الأوراق والسيقان Curling and twisting of leaves and stems**

يظهر هذا العرض نتيجة تغذية النيماتودا على الأجزاء الطرفية والقمم النامية مما يسبب تجعد والتواء الأفرع والأوراق الناتجة من نمو هذه الأجزاء المصابة كما في حالة إصابة بادرات القمح بنيماتودا "أفيلينكويدس بيساي" *Aphelenchoides besseyi* ونيماتودا "أنجوينا ترتيساي" *Anguina tritici*.

٣ **تشوه حبوب القمح (تثألل حبوب القمح) Seed galls**

تتكون عقد بذرية (ثآليل) في مكان بعض الحبوب الطبيعية في السنبلة داكنة اللون محتوية أطواراً نيماتودية داخلية كما في حالة إصابة نبات القمح بنيماتودا تثألل حبوب القمح "أنجوينا ترتيساي" *Anguina tritici*.

٤ **تعقد وانتفاخات الأوراق Leaf galls**

تسببها نيماتودا "أنجوينا ميلافولاي" *Anguina millefolii* و نيماتودا "أنجوينا بالازموفيلا " *A. balsamophila* على النباتات النجيلية.

٥ **تقرح الأوراق Leaf lesions**

ينتج عن تلف الخلايا البارنشمية وظهور بقع وتقرحات على الأوراق المصابة مثل ما تسببه نيماتودا "أفيلينكويدس رتزيمبوسي" *Aphelenchoides ritzemebossi* على أوراق الكريزانثم Chrysanthemum.

٦ **تبقع وتغير لون الساق والأوراق Spot and change color of stem and leaves**

تتغذى بعض أنواع النيماتودا على الأنسجة الداخلية للساق والأوراق مسببة موت هذه الأنسجة وتغير لونها واصفرار الأوراق والتفافها وبالتالي سقوطها مثل:

- مرض الحلقة الحمراء red ring disease الذي يصيب نخيل جوز الهند وتسببه نيماتودا "رادينافيلنكص كوكوفيلص" *Rhadinaphelechus cocophilus* حيث تظهر حلقة حمراء في الساق مع ضعف واصفرار الأوراق.
- مرض ابيضاض قمة أوراق الأرز المتسبب عن نيماتودا البراعم والأوراق "أفيلينكويدس بيساي" *Aphelenchoides besseyi*.
- ظهور بقع صفراء على أوراق نبات النرجس المصابة بنيماتودا الساق والأبصال "دايتلينكص دبساسي" *Ditylenchus dipsaci*.

والفرق بين أعراض الإصابات النيماتودية فوق الأرض وبين الأعراض المشابهة الناجمة عن نقص العناصر هو أن الإصابة الحقلية بالنيماتودا تتميز بأنها غير منتظمة وتظهر على هيئة بقع متناثرة patches في الحقل ، لان النيماتودا توجد في الحقول على شكل مستعمرات موزعة دون انتظام.

ثانياً- الأعراض على المجموع الجذري

تظهر نتيجة تغذية النيماتودا على المجموع الجذري. وهذه الأعراض يصعب تشخيصها وتمييزها أحياناً عن تلك التي تسببها طفيليات الجذور الأخرى أو عوامل التربة المختلفة، وتشمل هذه الأعراض ما يلي:

١ **-عقد الجذور Root galls**

تظهر على الجذور المصابة انتفاخات أو أورام أو تضخمات غير طبيعية في أماكن تغذية النيماتودا. تنشأ هذه العقد نتيجة زيادة غير عادية في انقسام الخلايا في منطقة الإصابة تؤدي إلى زيادة في حجم النسيج وكذلك في حجم الخلايا، مثل:

- نيماتودا تعقد الجذور "ميلودوجين" *Meloidogyne* spp. تكون عقد خشنة الملمس مختلفة الحجم حسب نوع النيماتودا.
- النيماتودا الخنجرية "زيفينيما" *Xiphinema* sp. تكون انتفاخات طرفية مصحوبة بانحناء في القمة النامية curly-tip للجذر.
- النيماتودا الغمدية "هيمي سايكليوفورا اريناريا" *Hemicycliophora arenaria* تكون عقد بالقرب من أو في أطراف جذور الموالح.

٢ تعفن الجذور Root rotting

يحدث تحلل في نسيج النبات نتيجة الإصابة المباشرة بالنيماتودا حيث تفرز أنزيمات تحلل المادة البكتينية بين جدر الخلايا مما يحولها في النهاية إلى كتلة إسفنجية رخوة. وقد يزداد ذلك التعفن بفعل الكائنات الدقيقة الأخرى، كما في حالة:

- نيماتودا تعفن البطاطس "دايتلينكص ديستراكتور" *Ditylenchus destructor* التي تسبب مرض العفن الجاف على درنات البطاطس.

٣ تغير لون الجذور Change of root color

يحدث نتيجة التغذية السطحية لبعض أنواع النيماتودا على الخلايا الخارجية للجذور مثل البشرة والقشرة وينتج عن ذلك تلف وموت خلايا البشرة ويتغير لونها إلى الأصفر أو البني كما في:

- النيماتودا الحلزونية "هيليكوتيلنكص" *Helicotylenchus* sp.
- النيماتودا الخنجرية "زيفينيما" *Xiphinema* sp.
- نيماتودا المولح "تايلينكيولص سيمي بنترنس" *Tylenchulus semipenentrans*.

٤ تقرحات الجذور Root lesions

تنتج عن موت موضعي للخلايا المكونة للنسيج المصاب وغالبا ما يتلون بلون داكن. وتحدث هذه التقرحات في نسيج القشرة cortex وقد تمتد إلى الاسطوانة الوعائية. ويختلف حجم القروح من صغيرة جداً لا يمكن رؤيتها الى قروح تحيط بكامل المجموع الجذري، كما في:

- نيماتودا التقرح "براتيلنكص" *Pratylenchus* spp.
- نيماتودا الحفارة "رادو فولص سيميلس" *Radopholus similes*.

٥ زيادة التفرع الجذري Excessive root branching

تتكون بجوار أماكن تغذية النيماتودا جذور جانبية كثيفة تسمى بالجذر الشعري hairy root، كما في حالة الإصابة:

- بنيماتودا التقرح "براتيلنكس" *Pratylenchus* spp.
- بنيماتودا تعقد الجذور الكاذب "ناكوبص" *Nacobbus* spp.
- بنيماتودا تعقد الجذور "ميلودوجين" *Meloidogyne* spp.

٦- **تلف القمم النامية للجذور Injured or devitalized root tips**

يحدث نتيجة تغذية بعض أنواع النيماتودا على الخلايا الميرستيمية meristematic cells للقمة النامية للجذر مما يؤدي إلى وقف نشاطها وبالتالي تمنع استطالة الجذور. ويمكن تميز ثلاثة أنواع من الجذور المتقزمة:

- جذور قصيرة كما في إصابة الذرة بنيماتودا تقصف الجذور "ترايكودورس" *Trichodorus* spp.
- جذور خشنة كما في إصابة فول الصويا بالنيماتودا اللاسعة "بيلونوليمص" *Belonolaimus* spp.
- جذور نهايتها مجعدة كما في إصابة الورد بالنيماتودا الخنجرية "زيفينيما" *Xiphinema* spp.

الأعراض التشريحية Histological symptoms

عبارة عن تأثيرات تشريحية histological effects تنتج عن طريق التغذية المستمرة للنيماتودا المتطفلة داخلياً أو شبه الداخلية على أنسجة الجذر الداخلية فتتكون خلايا في منطقة الأسطوانة الوعائية أو في منطقة القشرة حول رأس النيماتودا تعرف بالخلايا الناقلة transfer cells تمد النيماتودا بالغذاء اللازم لها. ولا يمكن مشاهدها إلا بعد تشريح الجزء المصاب من الجذر للتعرف عليها. وتختلف هذه الخلايا في طريقة تكوينها وشكلها وكذلك موقعها في أنسجة الجذر باختلاف جنس النيماتودا وأحياناً العائل نفسه. ومن هذه التراكيب الخلوية، مايلي:

١- الخلايا العملاقة Giant cells تسببها نيماتودا تعقد الجذور "ميلودوجين" *Meloidogyne* spp.

٢- الاندماجات الخلوية Syncytia تسببها الاجناس النيماتودية التالية:

- نيماتودا الحوصلات "هيترروديرا" *Heterodera* و "جلوبوديرا" *Globodera*.
- نيماتودا تعقد الجذور الكاذب "ناكوبص" *Nacobbus* spp.
- النيماتودا الكلوية "روتيلينكيولص رينيفورمس" *Rotylenchulus reniformis*.

٣- الخلايا المغذية Nurse cells تتسببها نيماتودا المولح "تايلينكيولص سيمي بنترنس" *Tylenchulus semipenentrans*.

الفصل السادس
تصنيف النيماتودا
Taxonomy of nematodes

تتبع النيماتودا المملكة الحيوانية "أنيميلايا" Kingdom: Animalia، حيث يمكن تمييز مراتبها التقسيمية كالتالي:

- الشعبة (القبلية) Phylum وتشتمل مجموعة من الطوائف (الصفوف) ذات صفات مشتركة.
- الطائفة (الصف) Class وتشمل مجموعة من الرتب تجمعها بعض الصفات المشتركة، وعادة ينتهي مقطعها بالحرفين **ea-**.
- الرتبة Order وتشمل مجموعة من العوائل ذات صفات مشتركة، وعادة ينتهي المقطع بالأحرف **ida-**.
- تحت الرتبة Suborder وتشمل مجموعة من فوق الفصائل ذات صفات مشتركة، و ينتهي المقطع بالأحرف **ina**.
- فوق الفصيلة Superfamily وتشمل مجموعة من الفصائل ذات صفات مشتركة، و ينتهي مقطع بالأحرف **oidea**.
- الفصيلة Family وتضم مجموعة من الأجناس ذات صفات مشتركة، و ينتهي المقطع بالأحرف **idea**.
- تحت الفصيلة Subfamily جزء من فصيلة تختص بصفات مشتركة، و ينتهي المقطع بالأحرف **inae**.
- الجنس Genus ويضم مجموعة من الأنواع ذات صفات مشتركة، واسم الجنس يشكل المقطع الأول من الاسم العلمي الثنائي للكائن لحي.
- النوع Species ويضم مجموعة من عشائر Populations تجمعها صفات مشتركة، و يعتبر النوع أهم مرتبة تقسيمية في علم النيماتودا، واسم النوع يشكل المقطع الثاني من الاسم العلمي للكائن لحي.

وتقسم شعبة النيماتودا Phylum: Nematoda إلى طائفتين ر ئيستين هما: طائفة Secernentea، و طائفة Adenophorea، اللتان تختلفان فيما بينهما في كثير من الصفات (انظر الجدول رقم 1).

و يلاحظ أن النيماتودا المتطفلة على النباتات توجد في رتبتين فقط من طائفة Secernetea هما: رتبة Tylenchida ورتبة Aphlenchida، و في رتبة واحدة فقط من طائفةAdenophorea هي رتبة Dorylaimida.

من الجدير بالذكر انه 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 الكيوكتيل الخارجي، عدد وشكل الشفاه، شكل تجويف الفم، شكل المرئ،شكل الرمح ، الجهاز التناسلي الأنثوي والذكري 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 المرئ

b́ = 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 x 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

جدول (1): 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، دبلوقاستروويد، 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	غائب

	الذيل وسط خطوط الحقل الجانبي	
الحهاز 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.

وفيما يلي تقسيم مبسط لأهم النيماتودا النباتية وأكثرها انتشاراً 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 تثألل حبوب القمح
Ditylenchus dipsaci (Stem and bulb)	نيماتودا السوق 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

نيماتودا تقصف الجذور
نيماتودا تقصف الجذور

Trichodorus spp. (Stubby-root)
Paratrichodorus spp. (Stubby-root)

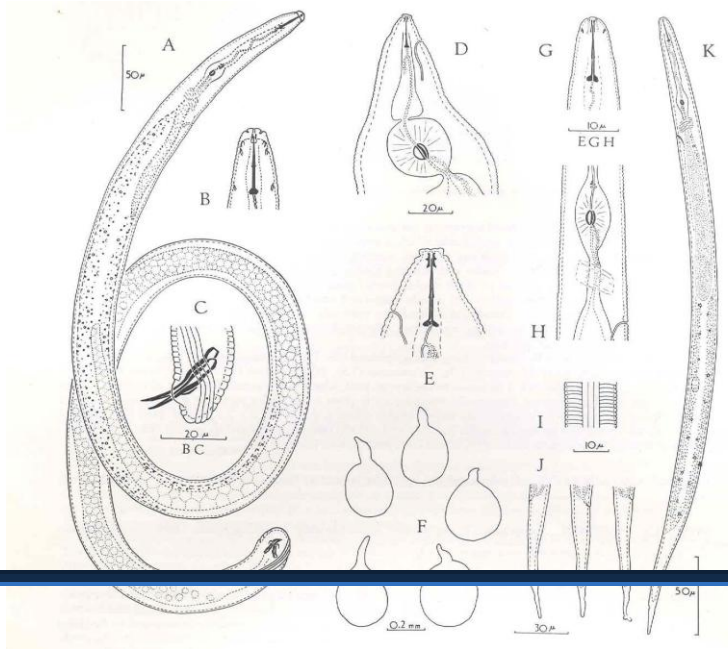
الفصل السابع

أمراض الجذور التي تسببها نيماتودا النبات
Root Diseases Caused by Plant Nematodes

تتطفل معظم نيماتودا النبات على الجذور، وتقضي معظم حياتها إما في التربة أو في الجذور، محدثة أمراضا وأضرارا فادحة للجذور، ومن أهم النيماتودا المتطفلة على الجذور ما يلي:

نيماتودا تعقد الجذور Root- knot Nematodes

تسبب نيماتودا تعقد الجذور .*Meloidogyne* spp خسائر اقتصادية فادحة للمحاصيل الزراعية، حيث تصيب ما لا يقل عن 2500 نوع نباتي خاصة في المناطق الدافئة والأراضي الرملية قد تصل إلى تلف كامل للمحصول، ويكاد لا يخلو أي نبات اقتصادي مزروع من الإصابة بواحد أو أكثر من أنواع هذه النيماتودا . وتعتبر أحد أهم وأخطر أجناس النيماتودا في العالم وذلك لعدة عوامل، منها:



١. انتشارها الواسع في جميع أنحاء العالم، ولها مدى عائلي واسع.
٢. تتعاون مع الأحياء الأخرى، وخاصة الفطريات والبكتيريا، في إحداث الكثير من الأمراض النباتية المركبة التي يصعب مكافحتها.
٣. قدرتها على كسر مقاومة النباتات لبعض الأمراض الأخرى،أو إضعاف النباتات

وتهيئتها للإصابة بأحياء ثانوية غير قادرة على الإصابة وحدها.

الوصف:

يوضح الشكل 24 الشكل المورفولوجي لنيماتودا تعقد الجذور:

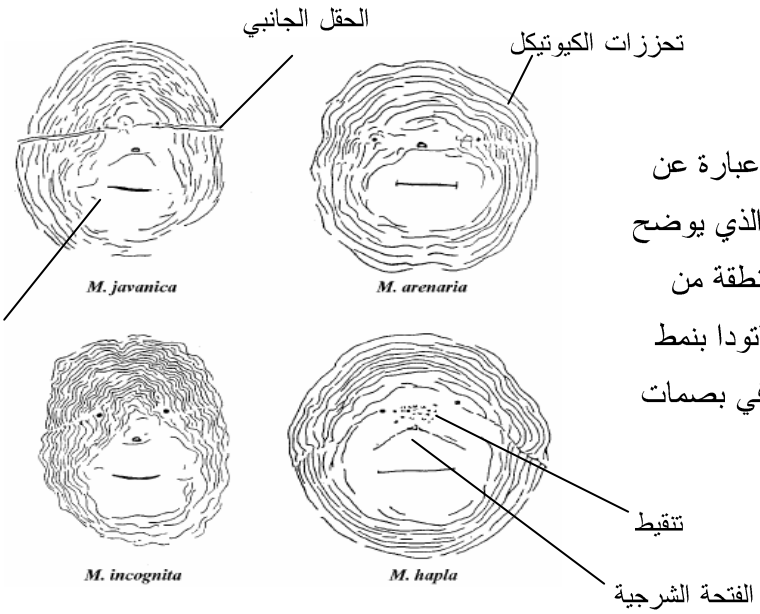
- تتخذ الإناث الناضجة (D, E, F) شكلا كمثريا، وتتميز بعنق ضيق مستدق في المقدمة، و بضخامة البصلة الوسطى، و بكبر غدد المريء القاعدية.
- الذكور (A, B, C) يكون شكلها دودي، ليس لها جراب تناسلي، الذيل مستدير.
- اليرقات (G, H, I, J, K)، تاخذ الشكل الدودي، يبلغ متوسط طولها 400 ميكرون بقطر 15 ميكرونا.

شكل

يضم جنس نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* حوالي 70 نوعا منتشرة في جميع أنحاء العالم. وتعتبر الأنواع الأربعة التالية: "ميلودوجين أريناريا" *M. arenaria* و "ميلودوجين هبلا" *M. hapla* و "ميلودوجين جفانيكا" *M. javanica* و "ميلودوجين انكوجنيتا" *M. incognita* هي الأنواع الرئيسة والأكثر شيوعا في الأراضي الزراعية، حيث تشكل هذه الأنواع الأربعة أكثر من 95% من أنواع نيماتودا تعقد الجذور في الأراضي الزراعية في العالم، ويتبع النوع *M. incognita* أربع سلالات مرضية بينما يتبع النوع *M. arenaria* سلالتان.

ويمكن التعرف على أنواع نيماتودا تعقد الجذور المختلفة عن طريق:

١. الشكل المورفولوجي للإناث الناضجة والذكور واليرقات مثل النمط العجاني للأنثى، وشكل الرأس في الذكر، وشكل الرمح.
٢. استخدام العوائل النباتية المفرقة.
٣. الصفات الوراثية مثل عدد الكروموسومات في البويضات الحديثة المتكونة في مبيض الأنثى وطريقة التكاثر.
٤. فصل بعض الأنزيمات والبروتينات الهامة الموجودة في جسم الأنثى حيث تستخدم في تعريف الأنواع المعروفة لنيماتودا تعقد الجذور.



و من أهم الطرق السابقة وأكثرها استخداما، هي:

- النمط العجاني Perineal pattern: وهو عبارة عن الشكل المورفولوجي لمؤخرة جسم الأنثى، الذي يوضح شكل وترتيب تخطيط الكيوتيكل في هذه المنطقة من الجسم. ويتميز كل نوع من أنواع هذه النيماتودا بنمط عجاني ذي شكل خاص به، كما هو الحال في بصمات أصابع الإنسان (شكل).

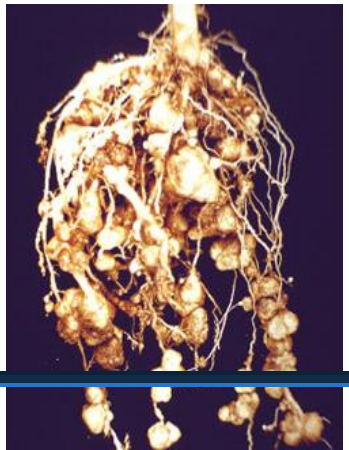
شكل (18): الأنماط العجانية لأربعة أنواع من نيماتودا تعقد الجذور.

- اختبار العوائل المفرقة Differential host test: يسمى أحيانا باختبار كارولينا الشمالية للعوائل المفرقة . ويعتمد هذا الاختبار على مدى قابلية إصابة أو مقاومة ستة أصناف نباتية معينة هي: القطن، والتبغ، والفلفل، والبطيخ، والفول السوداني، والطماطم للأنواع الأربعة الشائعة *M. hapla* و*M. arenaria* و*M. incognita* و*M. javanica*. وعلى ضوء إصابة أو عدم إصابة هذه النباتات بالنيماتودا المختبرة يتم تعريفها بالمقارنة مع جدول قياسي (جدول رقم 4).

جدول رقم (4). الجدول القياسي لاختبار العوائل المفرقة للتمييز بين الأنواع الأربعة الشائعة من نيماتودا تعقد الجذور.

نوع النيماتودا والسلالة	استجابة الصنف النباتي للإصابة					
	قطن Delta pine 61	تبغ NC 95	فلفل California wonder	بطيخ Charleston Gray	فول سوداني Florunner	طماطم Rutgers
M. incognita						
سلالة رقم 1	−	−	+	+	−	+
سلالة رقم 2	−	+	+	+	−	+
سلالة رقم 3	+	−	+	+	−	+
سلالة رقم 4	+	+	+	+	−	+
M.javanica	−	+	−	+	−	+
M. arenaria						
سلالة رقم 1	−	+	+	+	+	+
سلالة رقم 2	−	+	+	+	−	+
M. hapla	−	+	+	−	+	+

−، + تدل على أن الصنف مقاوم أو قابل للإصابة، على التوالي. □ تدل على العوائل المفرقة المفتاحية.



وتسبب نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. مرض تعقد الجذور Root-knot disease لكثير من المحاصيل والبساتين الزراعية. وأهم الأعراض المميزة لهذا المرض:

- وجود عقد جذرية galls أو انتفاخات على جذور النباتات المصابة (شكل) تختلف حسب نوع النيماتودا فمثلاً النوع *M. halpa* تكون العقد صغيرة، تخرج منها جذور ثانوية، بينما تكون العقد في الأنواع الشائعة الأخرى عادة ضخمة وخشنة الملمس. ويتحول الجذر إلى اللون البني عند تقدم الإصابة، ويحدث تعفنا وتحللا للأنسجة نتيجة لاستعمارها بالكائنات المترممة في التربة، وفي هذه الحالة تصل كفاءة الجذر في امتصاص الماء والأملاح من التربة إلى أدنى مستوى.
- وجود بضع خلايا عملاقة giant cells (5–6 خلايا) في منطقة الأسطوانة الوعائية حول منطقة رأس النيماتودا، عند تشريح الجذر، وهي خلايا كبيرة الحجم ذات أنويه متعددة كبيرة، تعمل على إمداد النيماتودا بالغذاء.
- ظهور ضعف عام على المجموع الخضري، يصاحبه عادة اصفرار الأوراق وأعراض تشبه نقص العناصر الغذائية، وكذلك الذبول وخاصة في الظهيرة، كما يحصل نقص كبير في كمية المحصول الناتج ونوعيته.
- وجود أكياس البيض على سطح العقد (وخاصة بعد صبغها) والإناث واليرقات داخل الجذور، وهذه تعتبر من ضروريات عملية تشخيص هذا المرض.

دورة الحياة

تضع الأنثى الناضجة البيض (300–500 بيضة) محاط بمادة جيلاتينية (الشكل رقم 19)، حول مؤخرة الجسم. يفقس البيض عند توفر العائل المناسب والظروف البيئية الملائمة، ويخرج الطور اليرقي الثاني النشيط وهو الوحيد القادر على الإصابة (الانسلاخ الأول يحدث داخل البيض)، ويخترق هذا الطور جذور العائل عند منطقة القمة النامية، ويتغذى على الخلايا وتتكشف باقي الأطوار اليرقية داخل الجذر. ويتكون في النهاية الطور الكامل للإناث والذكور. تستعيد الذكور الشكل الدودي وتترك الجذور إلى التربة، حيث إن التكاثر في هذا الجنس غالبا ما يكون تكاثرا بكرياً. أما الأنثى فتنضج وتتخذ شكلا كمثرياً وتبقى ساكنة في الاسطوانة الوعائية للجذر، تتغذى على الخلايا العملاقة حول رأسها، وتضع البيض في أكياس جيلاتينية. وتستغرق دورة الحياة في الفصول الدافئة حوالي 3– 4 أسابيع، بينما تكون أطول في الفصول الباردة، وعموما يبلغ متوسط عدد الأجيال في السنة 7– 10 أجيال متداخلة، وذلك بشرط وجود عوائل مناسبة طوال العام.

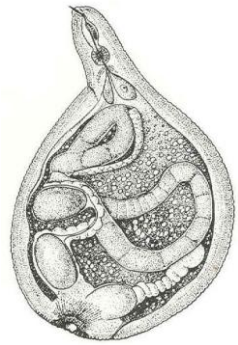
شكل– 19: دورة مرض تعقد الجذور المتسبب عن نيماتودا ميلودوجاين .*Meloidogyne* spp.
Morphology and Anatomy of male and female of *Meloidogyne*

نيماتودا الحوصلات Cyst Nematodes

تعتبر نيماتودا الحوصلات من الآفات النيماتودية الخطيرة التي تحدث خسائر إقتصادية كبيرة عل كثير من المحاصيل الزراعية، خاصة في المناطق الباردة في أوربا وأمريكا الشمالية، وتعد محاصيل البطاطس، وفول الصويا، وبنجر السكر، وكذلك القمح من أهم عوائلها الاقتصادية. كما أن لها وجود وتأثير في المناطق الدافئة كمنطقتنا العربية. ومن الصعب التخلص منها وأباتها في الأراضي الملوثة بها نظراً لوجود البيض واليرقات داخل الحوصلات التي تقاوم تأثير كثير من المؤثرات الكيماوية والطبيعية لفترات طويلة قد تصل إلى 4–5 سنوات، كما أنها تشكل صعوبة في مكافحة هذه النيماتودا.

الوصـــف

تضم مجموعة نيماتودا الحوصلات ثلاثة أجناس متقاربة، يمكن التميز بينها حسب شكل الحوصلة كالآتي:



١. جنس هتيروديرا *Heterodera*

الأنثى ذات شكل ليموني، ويكون لون الأنثى البالغة في أول مراحل النضج أبيض ثم تتحول بعد ذلك إلى حوصلة صفراء أو بنية اللون تحمي البيض بداخلها من المؤثرات الضارة. الفتحة التناسلية بارزة للخارج. ومن أنواع هذا الجنس:

- نيماتودا حوصلات بنجر السكر "هتيروديرا شختاي" *H. schachtii* تصيب بنجر السكر والسبانخ والكرنب.
- نيماتودا حوصلات البرسيم "هتيروديرا تراي فوليا" *H. trifoliae* تصيب البرسيم الحجازي والأبيض والأحمر، وعدد كبير من محاصيل العائلة البقولية.

٢. جنس قلوبوديرا *Globodera*

الأنثى ذات شكل مستدير تقريباً يشبة الكرة، والفتحة التناسلية غير بارزة للخارج. ويتحول لون الأنثى قبيل أن تصبح حوصلة من اللون الأبيض إلى اللون الذهبي المصفر، ولذلك تسمى أحياناً بالنيماتودا الذهبية golden nematode. ومن أنواعة:

- نيماتودا حوصلات البطاطس (النيماتودا الذهبية) "قلوبوديرا روستوكينسز" *G. rostochiensis* تصيب البطاطس، وكذلك الطماطم والباذنجان.

٣. جنس بنكتوديرا *Punctodera*

الأنثى ذات شكل مستدير إلى كمثري. الفتحة التناسلية غير بارزة للخارج، وفتحة الشرج كبيرة الحجم في حجم الفتحة التناسلية تقريباً.

أهم أنواع هذا الجنس:

- *P. punctata*
- *P. metadorensis*

ومن الأعراض والعلامات الواضحة التي تسببها نيماتودا الحوصلات على عوائلها النباتية، ما يلي:

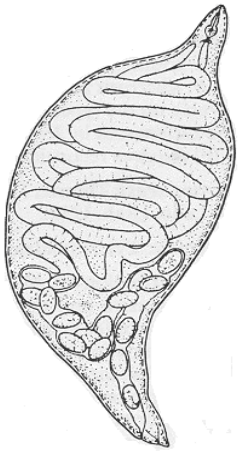
- ضعف عام على المجموع الخضري واصفرار الأوراق وذبول مؤقت وموت البادرات في حالة الإصابة الشديدة.
- ضعف نمو الجذور، ويصاحب ذلك نمو غزير للجذور الثانوية. ويمكن مشاهدة الإناث الناضجة والحوصلات بارزة على سطح الجذر بالعين المجردة وهي أهم علامات التشخيص.
- وجود بضع خلايا كبيرة الحجم، عبارة عن اندماجات خلوية syncytia حول رأس النيماتودا عند تشريح الجذر.

5- دورة الحياة:

نيماتودا الحوصلات هي نيماتودا داخلية التطفل ساكنة تشبه دورة حياتها دورة حياة نيماتودا تعقد الجذور لحد كبير.في وجود جذور نباتات ملائمة و ظروف بيئية مناسبة، يفقس البيض على فترات زمنية وتغادر يرقات الطور الثاني الحويصلات، وهي الطور المعدي، وتغزو جذور النبات العائل في المناطق حديثة النمو حيث تستكمل نموها حتى طور البلوغ من إناث وذكور. تغادر الذكور الحديثة الجذر إلى التربة حيث تتجول بحثاً عن الإناث العالقة بالجذر المصاب حيث تتم عملية الجماع وإخصاب البيض. بينما تستمر الإناث في التغذية على خلايا الاسطوانة الوعائية للجذر مكونة اندماج خلوى syncytium (من 4–6 خلايا كبيرة الحجم ومتعددة الأنوية) حول رأسها وذلك للتغذية والتطور حتى تتمكن من إتمام دورة الحياة. ويحدث تطور ونمو لجسم الأنثى يتسبب عنة تهتك خلايا القشرة الخارجية للجذر ويبرز الجزء الخلفي لجسم الأنثى خارج الجذر. وتحتاج دورة الحياة إلى مدة 5–6 أسابيع.

نيماتودا تعقد الجذور الكاذب False Root-knot Nematode

تسبب نيماتودا تعقد الجذور الكاذب "نكوبص" *Nacobbus* اندمجات خلوية نتيجة تحلل الجدر الخلوية بين الخلايا المصابة التي تتكون في منطقة القشرة للجذر وتستطيع النيماتودا التغذية عن طريقها. والضرر الذي تحدثة إضعاف المجموع الجذري وتدهور وظائفه مما يؤدي إلى نقص عدد الثمار وصغر حجمها. وتصيب هذه النيماتودا عدد من المحاصيل الزراعية مثل بنجر السكر، الكرنب، اللفت، الخس، الفجل، الخيار، الطماطم، البطاطس، الجزر واللوبيا.



الوصف:

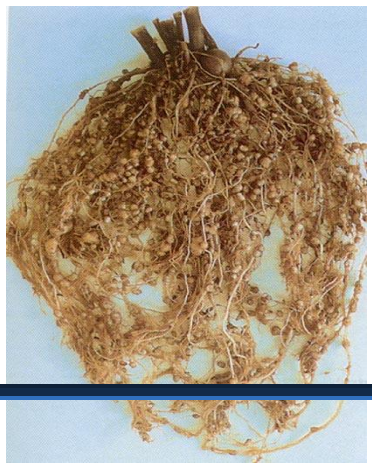
يوجد تباين من حيث الشكل الخارجي بين الذكور والأناث:

- الأناث البالغة منتفخة ولها رقبة قصيرة، والجزء الخلفي منها مستطيل، وبها مبيض واحد، تضع البيض في كتل جيلاتينية تفرزة من مؤخرتها.
- تحتفظ الذكور واليرقات بشكلها الدودي الخيطي مع ذيل قصير.

من أهم أنواعها: *N. aberrans* و *N. dorsalis*

تسبب نيماتودا تعقد الجذور الكاذب "نكوبص" *Nacobbus* spp. مرض تعقد الجذور الكاذب على كثير من جذور النباتات.

فالأعراض في الحقل تكون على شكل بقع غير منتظمة تزداد مسحتها مع تقدم الإصابة. والنباتات المصابة تبدو متقزمة ومصفره وتميل إلى الذبول في منتصف النهار.



أما الجذور المصابة فيشاهد عليها أورام كروية تشبه الأورام الناتجة عن الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور لكنها تأخذ الشكل العقدي أو الشكل السبحي على امتداد الجذر يختلف شكلها وحجمها تبعاً للكثافة العددية للنيماتودا المسببة للإصابة وحجم الجذر (شكل).

دورة الحياة

تضع الأناث البيض داخل كتل جيلاتينية، تنمو الاطوار اليرقية الأولى وتنسلخ داخل البيض. يفقس البيض ويخرج الطور اليرقي الثاني الذي يغزو الجذور الصغيرة ، وتتحرك اليرقات داخل الجذر مخترقة الخلايا حتى تعثر على موقع مفضل للتغذية. وبمجرد حصولها على المكان المفضل تبدأ في لتغذية ويزيد حجم الخلايا في موقع التغذية مما يؤدي إلى موت خلايا القشرة. تمر اليرقات بإنسلاخين آخرين ويكبر حجمها، وعند هذه النقطة، قد تترك اليرقات الجذور وتكمل انسلاخها النهائي وتتحول إلى ذكور أو إناث نشطة أو قد تستمر في التغذية في المكان الذي استقرت فيه حيث تسبب بدء تكوين الأورام. تتضخم الخلايا المحيطة برؤوس النيماتودا وتنمو الأورام وتمتد مؤخرة الإناث في اتجاه القشرة، وعند سطح الجذر تتكون فتحة منها تطلق الإناث بيضها داخل كتلة هلامية تفرزها النيماتودا.

جميع الاطوار اليرقية الثانية والثالثة والرابعة والإناث اليافعة هي أطوار معدية داخلية مهاجرة قادرة على اختراق الجذور ماعدا الأنثى البالغة فهي داخلية التطفل ساكنة.

نيماتودا التقرح Lesion Nematodes

تعتبر نيماتودا التقرح "براتيلينكس" *Pratylenchus* spp. من الطفيليات التي تتطفل وتتجول داخل الجذور. وتسبب تقرحات شديدة للجذور وهي المسئولة عن تدهور أشجار التفاح في أمريكا الشمالية وكذلك شجيرات البن في المناطق شبه الاستوائية. كما أنها تلعب دوراً كبيراً في إحداث الأمراض المركبة، وكسر مقاومة بعض الأصناف للأمراض الأخرى كأمراض الذبول.

الوصف

- جميع الأطوار ذات شكل أسطواني دودي. والرمح قوي قصير وله عقدة قاعدية واضحة.
- الأنثى لها مبيض واحد والفتحة التناسلية على مسافة 70–80% من مقدمة الجسم.
- يبلغ طول النيماتودا الكاملة 0,4–0,7مم بعرض 20–25ميكروناً.
- الذكور مزودة بجراب تناسلي (الشكل).

من أهم أنواعها:

لا يوجد تخصص واضح بين الأنواع لكن الأضرار تكون أكبر على عوائل معينة أو في ظروف معينة، ومن أهم أنواعها وأكثرها انتشاراً الأنواع التالية:

- النوع *P. penetrans* يشكل أهمية كبيرة في المشاتل وبساتين الفاكهة وبعض المحاصيل الحقلية في المناطق الباردة.
- النوع *P. coffeae* يسبب أضراراً كبيرة على البن والموالح.
- النوع *P. vulnus* يسبب أضراراً كبيرة على أشجار الجوز، والخوخ، والعنب والزيتون في المناطق الدافئة.

تظهر الأعراض على المجموع الخضري للشجيرات والأشجار عادة ببطء، وتتمثل بـــ

- ضعف عام في النمو، وتقزم في حجم الأوراق، وشحوب في لونها.
- موت للأفرع الطرفية die-back للشجيرات والأشجار.

أما الأعراض على الجذور فتتميز بوجود

- بقع متقرحة مستطيلة نوعاً ما، بنية اللون تزداد في الحجم مع اشتداد الإصابة وينتج عن ذلك اندماج هذه البقع لتغطي معظم الجذر. وتهاجم هذه البقع عادة بالفطريات والبكتيريا المترممة في التربة فتتعفن ويتحول لونها إلى الأسود وينتهي الأمر بتحلل الجذر.

دورة الحياة

يتم التكاثر جنسياً، وتضع الأنثى الناضجة البيض فردياً أو في مجاميع صغيرة داخل نسيج الجذر أو في التربة. يفقس البيض إلى الطور اليرقي الثاني الذي يتحرك في التربة لفترة محدودة ثم يخترق الجذر ليستكمل دورة الحياة. وتتحرك جميع الأطوار اليرقية (ما عدا الأول) والكاملة بحرية داخل الجذر، وقد تتركه إلى التربة ثم تعود لتخترق الجذر نفسه أو جذر مجاور، ولهذا فجميع الأطوار اليرقية والإناث البالغة أطوار معدية باستطاعتها مهاجمة الجذور. وتستغرق دورة الحياة حوالي 45–65يوماً تبعاً لنوع النيماتودا والعائل النباتي والظروف البيئية السائدة. وتقضي جميع الاطوار فترة البيات الشتوي في التربة أو في الجذور ماعدا طور الإناث الكاملة التي لا تستطيع تحمل الشتاء البارد.

نيماتودا الموالح (الحمضيات) Citrus Nematode

تعتبر نيماتودا الموالح "تيلنكيولص سيمي بنترنس" *Tylenchulus semipenetrans* من الطفيليات شبه الداخلية الساكنة التي تصيب جذور أشجار الموالح وتسبب في تدهورها مما ينعكس ذلك على كمية الثمار المنتجة ونوعيتها.

الوصف

يوجد تباين في الشكل الظاهري:

- فأجسام الذكور واليرقات تكون أسطوانية دودية الشكل.
- أما الأنثى (شكل) فيتحور جسمها إلى الشكل الليموني تقريباً في المنطقة الخلفية للجسم، بينما تبقى مقدمة الجسم ذات شكل أسطواني تقريباً. وتقع فتحة الإخراج في النصف الخلفي من الجسم بالقرب من الفتحة التناسلية.

شكل ( ): أنثى نيماتودا الموالح

تصيب نيماتودا الموالح *T. semipenetrans* أكثر من 80 نوعاً وصنفاً من الموالح في جميع أنحاء العالم وتستطيع التكاثر على نباتات أخرى غير الموالح كالزيتون والعنب والكمثرى. وتسبب مرض التدهور البطيء في الموالح slow decline disease in citrus، وهو من أخطر أمراض الموالح وأشدها تأثيراً، سواء في منطقتنا العربية أو حيث تزرع أشجار الموالح في أنحاء العالم. وعادة ما تظهر أعراض التدهور على الأشجار المصابة بعد 3–5 سنوات من بداية الإصابة، ولذلك يسمى هذا المرض بالتدهور البطيء. ومن أهم أعراضة:

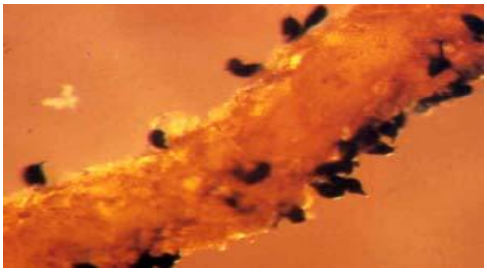
أ – على الأشجار المصابة (شكل):

- ضعف عام وتصبح صغيرة الحجم.
- سقوط الأوراق مبكراً خاصة المصفرة منها.

- جفاف وموت الأغصان الطرفية die-back حيث تصبح عارية تماماً من الأوراق، وينعكس كل ذلك على كمية الثمار المنتجة ونوعيتها.

ب – على الجذور المصابة (شكل): شكل): ش

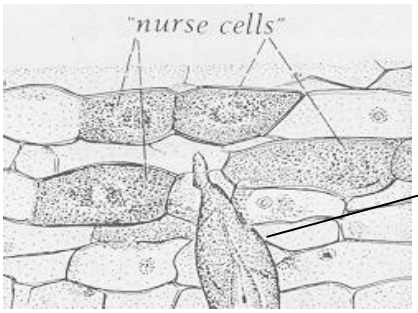
- التصاق حبيبات التربة بكتل البيض الجيلاتينية، حتى بعد غسلها بتيار خفيف من الماء.
- ظهور تقرحات ذات لون بني داكن تزداد مع شدة الإصابة، وقد تنفصل منطقة القشرة بسهولة عن منطقة الأسطوانة الوعائية، وقد يصاحب الإصابة بعض الفطريات الممرضة كالفيوزاريوم أو بعض البكتريات والفطريات المترممة في التربة.



شكل ( ): جذور مصابة بنيماتودا الموالح.

- بروز الجزء الخلفي للنيماتودا على سطح الجذور بعد غسل الجذور وصبغها.

جـ– التشريحية: بعد تشريح الجذر يلاحظ وجود بضع خلايا مغذية nurse cells في منطقة القشرة حول رأس النيماتودا تمدها بالغذاء اللازم لها (شكل).



شكل ( ): خلايا مغذية حول رأس نيماتودا الموالح.

دورة الحياة

تضع الأنثى البيض في التربة. يفقس البيض إلى الطور اليرقي الثاني، وتنسلخ ذكور الطور اليرقي الثاني ثلاثة انسلاخات متتالية خلال 7–10أيام دون تغذية، كما أن الذكور الكاملة لا تتغذى أيضاً.

أما إناث الطور اليرقي الثاني فهي الطور المعدي، تبدأ الإصابة بأختراق الطبقة الخارجية لقشرة الجذور بمقدمة جسمها، وتبدأ التغذية على خلايا هذه المنطقة، وتنسلخ اليرقة ثلاثة 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 أنسجة القشرة إلى مناطق أكثر عمقاً في تلك الأنسجة، وتحدث فجوة صغيرة حول رأسها، ثم تبدأ التغذية بتكوين بضع خلايا مغذية حول منطقة الرأس، وفي الوقت نفسه ينتفخ الجزء الخلفي للأنثى خارج الجذر إلى الشكل الليموني تقريباً.

يتم التكاثر بكرياً وتضع الإناث الناضجة البيض في كتل جيلاتينية، تفرزة عن طريق فتحة الإخراج، تغطي تقريباً جميع أجزاء الأنثى خارج الجذر. وتستغرق دورة الحياة حوالي 5–8 أسابيع عند درجة حرارة 25°م مع توافر الظروف الملائمة الأخرى.

النيماتودا الكلوية Reniform Nematode

تعتبر النيماتودا الكلوية "روتيلينكيولص" *Rotylenchulus* spp. من أجناس النيماتودا ذات التغذية شبه الداخلية الساكنة على جذور عدد كبير من المحاصيل الزراعية كالقطن وفول الصويا واللوبيا والبطاطا الحلوة والطماطم والأناناس وبعض أشجار الفاكهة. أشهر أنواعها هو النوع "روتيلينكيولص ريني فورمس" *R. reniformis* الذي يصيب القطن ويكون سبباً في تأخر تفتح اللوز في الوقت المناسب وتعرضه للإصابة بحشرات القطن، وبشكل خاص ديدان اللوز. ومن يزيد من أهمية هذه النيماتودا هو تعاونها مع فطر الفيوزاريوم مما ينتج عنه شدة الإصابة بالذبول.

2- الوصف

يوجد تباين كبير بين الإناث والذكور:

- تحتفظ الذكور واليرقات بالشكل الدودي الأسطواني.
- بينما تتحول الإناث الكاملة النضج إلى الشكل الكلوي المميز، وتقع الفتحة التناسلية في منتصف الجسم بينما تبقى الفتحة الإخراجية في موقعها الطبيعي مقابل المريء.أما الأنثى حديثة العمر غير الناضجة فشكلها أسطواني دودي قبل أن تتحول إلى الشكل الكلوي عند النضج، وطول الأنثى الناضجة حوالي 4,.مم، وقطرها عند الفتحة التناسلية حوالي 120 ميكروناً (الشكل رقم 23).

3- المدى العائلي

تصيب النيماتودا الكلوية عدداً كبيراً من المحاصيل وأشجار الفاكهة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، ومن عوائلها المهمة القطن وفول الصويا واللوبيا والبطاطا الحلوة والطماطم، وكذلك الأناناس وبعض أشجار الفاكهة.

4- الأعراض

يصبح النمو الخضري للنباتات المصابة ضعيف ومتقزم نتيجة للإصابة الشديدة في الجذور، كما تتأثر الأوراق فيقل حجمها ويصفر لونها، كما يتأثر تركيبها النسيجي وتحتوي على خلايا صغيرة مضغوطة.

تظهر الأعراض على الجذور على هيئة بقع بنية متقرحة نتيجة لإصابة خلايا البشرة الخارجية والقشرة، وعند الفحص المجهري يمكن مشاهدة الجزء الخلفي من الأنثى بارزاً على سطح الجذر بالقرب من هذه المناطق المتقرحة. وتسبب هذه النيماتودا تكوين خلايا كبيرة الحجم عبارة عن اندماجات خلوية في منطقة البريسيكل بصورة أساسية، أو في الخلايا البرنشيمية للخشب والبشرة الداخلية بدرجة أقل.

الشكل (23): النيماتودا الكلوية

(أ) ذكر مكتمل النمو. (ب) الجزء الأمامي للذكر.

(ج) الجزء الخلفي للذكر. (د) أنثى بالغة ناضجة.

5- دورة الحياة

يفقس البيض في التربة إلى الطور اليرقي الثاني، وتمر اليرقات (الذكور منها والإناث) بثلاثة انسلاخات متتالية بدون تغذية؛ والإناث الحديثة العمر (ذات شكل دودي أسطواني) هي فقط القادرة على الإصابة. تخترق هذه الإناث جذور العائل بالقرب من القمة النامية، أو أحياناً في أي منطقة من الجذر، وتدفع بمقدمتها خلال أنسجة القشرة حتى يستقر الرأس في إحدى خلايا البشرة الداخلية، وتبدأ النيماتودا في تكوين خلايا نباتية كبيرة الحجم (اندماجات خلوية) حول الرأس ومنها تستمد الغذاء، وفي الوقت نفسه ينتفخ الجزء الخلفي من جسمها خارج الجذر ليكون الشكل الكلوي المميز لها، وتضع الأنثى بيضها في كتل جيلاتينية حول مؤخرتها خارج الجذر. بالرغم من وجود الذكور حول الإناث وبين الكتل الجيلاتينية للبيض فإن دور الذكور في عملية التكاثر غير معروف تماماً. وتستغرق دورة الحياة حوالي شهر واحد في الظروف البيئية المناسبة.

نيماتودا التقزم Stunt Nematodes

1- الأهمية والانتشار

تعتبر نيماتودا التقزم *Tylenchorhynchus* spp. من أجناس النيماتودا ذات التغذية شبه الداخلية المتجولة، وتضم حوالي 205 أنواع، وتنتشر هذه النيماتودا في جميع أنحاء العالم، إلا أنها تفضل المناطق الجافة والترب الرملية، ويعتبر بعض هذه الأنواع ذا أهمية على بعض المحاصيل الاقتصادية، خاصة على الذرة والقطن وقصب السكر والتبغ، وعدد من نباتات الزينة والمسطحات الخضراء، والأعلاف وبعض الأشجار الخشبية.

2- الوصف

يختلف طول الجسم كثيراً بين الأنواع، فيتراوح بين 5,.مم و1,8مم، كما يتراوح طول الرمح بين 13و40 ميكروناً (الشكل رقم 24)،

3- المدى العائلي

تصيب هذه النيماتودا عدداً من المحاصيل الاقتصادية، خاصة على الذرة والقطن وقصب السكر والتبغ، وعدد من نباتات الزينة والمسطحات الخضراء، والأعلاف وبعض الأشجار الخشبية.

4- الأعراض

تسمى هذه النيماتودا بنيماتودا التقزم نظراً لما تسببه من تقزم وضعف عام في نمو النباتات المصابة نتيجة للضرر الكبير الذي تسببه على الجذور. وتتغذى على خلايا البشرة الخارجية للقمم النامية والجذور الجانبية الصغيرة، وقد تصل التغذية في بعض الأحيان إلى مناطق القشرة الداخلية، وينتج عن هذه التغذية موت وتهتك لخلايا البشرة الخارجية، وبالتالي تدهور شديد في المجموع الجذري، ينعكس على نمو المجموع الخضري للنباتات المصابة.

5- دورة الحياة

يتم التزاوج بين كلا من الذكر والأنثى في التربة وبعد إجراء عملية التلقيح تضع الأنثى البيض المخصب بين حبيبات التربة أو بجوار جذور النباتات، والبيض يوضع فردي أو في مجاميع ثم تمر البيضة بعدة مراحل من النمو والانقسامات لتفقس داخلياً عن الطور اليرقي الأول الذي يتغذى على بقايا محتويات البيضة وينسلخ ليتطور للطور اليرقي الثاني وهو غالبا الطور المعدي infective stage الذي يكسر قشرة البيضة ويخرج متجولا في التربة باحثاً عن عائلة حيث يقوم بالتغذية على الجذور بواسطة الرمح الذي يخترق خلايا طبقتي كل من البشرة والقشرة لجذور العائل ويقوم بامتصاص مكونات الخلايا، وبعد التغذية بفترة يتطور إلى الطور اليرقي الثالث عن طريق الانسلاخ والخروج من الكيوتيكل القديم ثم يستمر في التغذية ثم ينسلخ إلى الطور اليرقي الرابع الذي يتغذى وينسلخ إلى الأطوار الكاملة من ذكور وإناث التي تتغذى وتتزاوج وتضع الأنثى البيض ليعيد دورة الحياة. وتستغرق دورة الحياة حوالي شهر واحد عند درجة حرارة 24°م.

الشكل (24): نيماتودا التقزم

(أ) أنثى. (ب) منطقة الرأس في الأنثى.

(ج) منطقة الذيل في الأنثى. (د) قطاع عرضي في ذيل ذكر.

(هـ) منطقة الذيل في الذكر.

النيماتودا الحلزونية Spiral Nematodes

تعتبر معظم أنواع النيماتودا الحلزونية شبه داخلية التطفل، وهي متجولة أثناء التغذية على الجذور والأجزاء الأرضية من النبات. وتضم ثلاثة أجناس متقاربة هي:

- هيليكوتيلينكص *Helicotylenchus*.
- روتيلينكص *Rotylenchus*.
- سكيوتيلونيما *Scutellonenma*.

وتسمى هذه الأجناس بالنيماتودا الحلزونية لأن أجسامها عادة ما تتخذ شكل الحلزون أو حرف "سي" C "بالإنجليزية" عند قتلها بالحرارة الهادئة (الأشكال أرقام 25–27).

الجنس *Helicotylenchus*

يعتبر هذا الجنس (الشكل رقم 25) أكثر أجناس النيماتودا الحلزونية انتشاراً في جميع أنحاء العالم، ويضم أكثر من 104 أنواع. تسبب الأنواع المختلفة من هذا الجنس أضراراً كبيرة في جذور عدد كبير من العوائل النباتية، من أهمها الموز والذرة الشامية والطماطم وفول الصويا، وبعض شجيرات الزينة ونباتات المسطحات الخضراء. وتتطفل معظم الأنواع على جذور العائل من الخارج وجزء من مقدمة الجسم مغمور داخل الجذر (شبه داخلي)، ولكن هناك أنواعاً أخرى تتطفل داخلياً أو حتى خارجياً، ويبدو أن طبيعة التطفل في هذا الجنس تختلف باختلاف النوع والعائل النباتي.

الجنس *Rotylenchus*

يضم هذا الجنس (الشكل رقم 26) 82 نوعاً على كثير من محاصيل الخضر كالبازلاء والجز والخس وبعض شجيرات الزينة. طبيعة التغذية شبه داخلية حيث تتغذى النيماتودا ومنطقة الرأس مغمورة في أنسجة القشرة، وتسبب ضعفاً في نمو الجذور وتقزماً واصفراراً للمجموع الخضري خاصة إذا كانت الإصابة شديدة. يشبه هذا الجنس إلى حد كبير جنس *Helicotylenchus*، إلا أن المريء في جنس *Rotylenchus* يتراكب مع الأمعاء عادة من الناحية الظهرية والجانبية، بينما يتراكب المريء في جنس *Helicotylenchus* عادة من الناحية البطنية.

الجنس *Scutellonenma*

يضم هذا الجنس (الشكل رقم 27) 51 نوعاً، وهو يشبه إلى حد كبير في شكله الخارجي جنس النيماتودا الرمحية *Hoplolaimus* (الشكل رقم 28)، إلا أن الفتحتين الفازميديتين كبيرتا الحجم وتقعان متضادتين على جانبي الجسم في منطقة الذيل. ويعتبر هذا الجنس من أهم الآفات التي تصيب درنات اليام .*Discorea* spp، وهو محصول غذائي مهم في كثير من الدول الاستوائية، خاصة في أفريقيا وأمريكا الوسطى والهند، ويحدث للدرنات تعفنات جافة عند إصابتها خلال فترة التخزين. والتطفل عادة شبه داخلي إلا أنة يمكن أن يكون داخلياً أو خارجياً.

الشكل (25): النيماتودا الحلزونية *Helicotylenchus dihystera*
(أ) الأنثى.
(ب) مجموعة إناث. تتخذ النيماتودا الشكل الحلزوني عند التثبيت بالحرارة.

الشكل (26): النيماتودا الحلزونية *Rotylenchus buxophilus*
(أ) الأنثى.
(ب) مجموعة إناث. تتخذ النيماتودا الشكل الحلزوني عند التثبيت بالحرارة.

الشكل (27): النيماتودا الحلزونية *Scutellonenma brachyurum*
(أ) الأنثى.
(ب) مجموعة إناث. تتخذ النيماتودا الشكل الحلزوني عند التثبيت بالحرارة.

النيماتودا الرمحية Lance Nematodes

يضم جنس النيماتودا الرمحية *Hoplolaimus* spp. أكثر من 50 نوعاً. وتسمى بالنيماتودا الرمحية نظراً لضخامة حجم الرمح، كما أن الجسم عادة قوي وغليظ (الشكل رقم 28)، يتراوح طوله بين 1,5 و 2,0مم. وتصيب النيماتودا عدداً من النباتات الاقتصادية كالقطن والقمح والموز وقصب السكر وبعض شجيرات الزينة، وتتمثل الأعراض على القطن بتقزم في نمو النباتات واصفرار وتساقط الأوراق.

وعند التغذية تخترق مقدمة الجسم طبقتي القشرة والبشرة الداخلية للجذر، وتتغذى على الخلايا البرنشيمية وأوعية اللحاء، وأحياناً يصل الضرر إلى درجة أنسجة الخشب واللحاء البعيدة عن منطقة التغذية لإفراز النيماتودا لبعض السموم.

الشكل (28): النيماتودا الرمحية

(أ) المنطقة الخلفية للأنثى. (ب) منطقة الرأس في الأنثى.

(جـ) المنطقة الأمامية للذكر. (د) منطقة الذيل في الذكر.

(هـ) النهاية الخلفية للأنثى. (و) منظر بطني للنهاية الخلفية للذكر

النيماتودا الحلقية Ring Nematodes

تعتبر النيماتودا الحلقية *Macroposhonia* spp. (تسمى سابقاً *Criconemoides*) من مجموعة النيماتودا خارجية التطفل وتكون ساكنة أثناء تغذيتها على الجذور. ويضم هذا الجنس أكثر من 90 نوعاً تتصف جميعاً بأن أجسامها قصيرة وسميكة وذات حركة بطيئة، ويتميز الجسم بتخطيط عرضي عميق في طبقة الكيوتيكل يشبه الحلقات ولذا سميت بالنيماتودا الحلقية. كما يتميز المريء باندماج الجسم الأمامي مع البصلة الوسطى، كما يشكل البرزخ مع البصلة القاعدية أسطوانة قصيرة شبه دائرية، والرمح ضخم قوي (الشكل رقم 29)، أما الذكور فعادة غائبة أو ضامرة.

تصيب النيماتودا الحلقية عدداً من النباتات الاقتصادية كالخوخ والعنب وبعض نباتات الزينة المعمرة والنباتات العشبية، وتسبب الإصابة الشديدة تقرحاً للجذور وتقزماً في نمو النبات. تستغرق دورة الحياة حوالي شهر في بعض الأنواع.

الشكل (29): النيماتودا الحلقية *Macroposhonia xenoplax* الأنثى الناضجة. لاحظ التخطيط العرضي العميق للكيوتيكل وكذلك اندماج الجسم الأمامي للمريء مع البصلة الوسطى.

النيماتودا الدبوسية Pin Nematodes

تعتبر النيماتودا الدبوسية "باراتيلنكص" *Paratylenchus* spp. من مجموعة النيماتودا خارجية التطفل، وهي ساكنة أثناء تغذيتها على الجذور. ويضم هذا الجنس أكثر من 90 نوعاً منتشرة في جميع أنحاء العالم. وكما يدل علية اسمها، فهذه النيماتودا تعتبر من أصغر أجناس نيماتودا النبات، إذ يتراوح طول الأنثى بين 0,18 أو 0,5مم (الشكل رقم 30). الإناث ذات رمح طويل ومريء يشبه مريء النيماتودا الحلقية، بينما الذكور ذات رمح ومريء ضامرين أو بدون رمح وربما ليس لها دور في عملية التكاثر.

تصيب النيماتودا عدداً كبيرا من المحاصيل من أهمها الشاي والتفاح والكمثرى، ولكن يبدو أن هذه المحاصيل تتحمل الإصابة إلى حد كبير، ولكنها تعتبر آفة مهمة على التين والكرفس والبقدونس والنعناع. ويسبب النوع "باراتيلنكص هيماتيص" *P. hematus* تقزماً واصفراراً في الكرفس، كما يسبب أصفرار الأوراق وموت أشجار التين المصابة. ويتميز الطور اليرقي الرابع بقدرة عالية على مقاومة جفاف التربة والبقاء لفترات طويلة.

الشكل (30): النيماتودا الدبوسية

(أ) الأنثى. (ب) الذكر. لاحظ الرمح الطويل للأنثى وغيابه في الذكر، وكذلك اندماج الجسم الأمامي مع البصلة الوسطى للمريء. تتخذ النيماتودا شكلاً منحنياً عند تثبيتها بالحرارة.

النيماتودا الغمدية Sheath Nematodes

تعتبر النيماتودا الغمدية "هيمي سايكلوفورا" *Hemicycliophora* spp. من مجموعة النيماتودا خارجية التطفل، وهي ساكنة أثناء تغذيتها على الجذور. وتسمى هذه النيماتودا بالغمدية لاحتفاظ الإناث واليرقات بكيوتيكل الانسلاخ السابق والذي يشكل غمداً يغلف الكيوتيكل الجديد. أما الذكور فهي نادرة الوجود وإن وجدت فذات مريء ضامر وعديمة الرمح ولا تحتفظ بكيوتيكل الانسلاخ الأخير. المريء يشبه مريء النيماتودا الحلقية، وطول الأنثى يتراوح بين 0,7 مم و 1,8مم (الشكل رقم 31).

يضم الجنس أكثر من 135 نوعاً منتشرة في جميع أنحاء العالم تقريباً، وتسبب أضراراً على جذور كثير من المحاصيل مثل الطماطم والفلفل والكوسة والجزر والموالح، ويسبب النوع "هيمي سايكلوفورا إيري ناريا" *H. arenaria* عقداً على أطراف جذور الموالح المصابة، مما ينتج عنة ضعف شديد في نمو الأشجار.

الشكل (31): النيماتودا الغمدية

(أ) الجزء الأمامي للطور المعدي. (ب) الجزء الخلفي للطور المعدي.

(ج) المنطقة الخلفية للذكر. (د) أعضاء السفاد داخل الجراب التناسلي.

النيماتودا الإبرية Needle Nematodes

تعتبر النيماتودا الإبرية من مجموعة النيماتودا خارجية التطفل، وهي متجولة أثناء تغذيتها على الجذور. كما أنها تعتبر من أطول أجناس نيماتودا النبات، إذ يصل طول الجسم إلى حوالي 8مم، كما أن الرمح (من النوع odontostyle) طويل أيضاً قد يصل إلى 150 ميكروناً (الشكل رقم 32). وتعيش النيماتودا طويلاً (من سنة إلى عدة سنوات)، وتصيب

عدداً كبيراً من النباتات والأشجار الخشبية في المناطق الباردة والاستوائية على حد سواء. ومما يزيد من أهمية هذه النيماتودا وخطورتها هو نقلها للفيروسات النباتية من النباتات المصابة إلى السليمة.

وتقسم النيماتودا الإبرية حاليا إلى جنسين هما:

- جنس "لونجي دورس" *Longidorus*

يضم هذا الجنس 94 نوعاً بعضها يسبب أضراراً كبيرة لكثير من النباتات، كالعنب والكرفس والبقدونس والثوم والخس والذرة السكرية، وبعض المحاصيل الحقلية والبستانية الأخرى. ويسبب النوع "لونجي دورس أفريكنس" *L. africanus* ذبولاً واصفراراً في نباتات الخس المصابة، كما يسبب انتفاخ وتقرح أطراف جذورها الوتدية. تفضل النيماتودا مهاجمة الجذور المغذية الصغيرة وتسبب لها تقزماً وتغيراً في اللون، هذا بالإضافة إلى إتلاف الأنسجة المرستيمية النشطة مما يؤدي إلى تعقد وتقزم المجموع الجذري.

- جنس "بارا لونجي دورس" *Paralongidorus*

يضم هذا الجنس 34 نوعاً، وهو لا يختلف كثيراً عن الجنس الأول.

الشكل (32): النيماتودا الإبرية

(أ) منظر جانبي لمنطقة المريء. (ب) منظر بطني لمنطقة الرأس.
(جـ)منظر جانبي للنهاية الخلفية للذكر. (د) أعضاء السفاد في الذكر.
(هـ)منظر بطني لذيل الذكر. (و) منظر بطني لذيل الأنثى.
(ز) منظر جانبي لذيل الأنثى (حـ)منظر جانبي لذيل اليرقات.
(ط) منظر بطني لذيل اليرقات.

النيماتودا الخنجرية Dagger Nematodes

تعتبر النيماتودا الخنجرية "زيفينيما" *Xiphinema* spp. من مجموعة النيماتودا خارجية التطفل التي تتحرك باستمرار، وتتغذى على الجذور بحرية كاملة. وهذه النيماتودا تشبه إلى حد كبير النيماتودا الإبرية، فالجسم طويل إلا أنة أقصر قليلاً من النيماتودا الإبرية (يصل إلى حوالي 5مم)، وكذلك الرمح فهو الآخر طويل (الشكل رقم 33) تستخدمه النيماتودا في اختراق الطبقات الداخلية لأنسجة الجذر والتغذية على الخلايا الداخلية البعيدة.

ويمكن التمييز بين النيماتودا الإبرية والنيماتودا الخنجرية في الجدول التالي:

وجه المقارنة	النيماتودا الإبرية	النيماتودا الخنجرية

مكان الحلقة المرشدة للرمح	تقع في الجهة الأمامية للرمح.	تقع في منتصف الرمح تقريباً.
الانتفاخات القاعدية للرمح	تفتقر للانتفاخات القاعدية للرمح.	تمتلك انتفاخات قاعدية واضحة.
شكل جسم النيماتودا		تتخذ شكلاً منحنياً يشبه الخنجر ولذا تسمى بالخنجرية.

يضم جنس النيماتودا الخنجرية أكثر من 190 نوعاً منتشرة في جميع أنحاء العالم، وتصيب العديد من محاصيل الحقل والفاكهة ونباتات وشجيرات الزينة وكذلك الأشجار الخشبية، ومن أهم أنواعها هي:

- **النوع "زيفينيما ديفيرسي كاداتيم" *X. diversicaudatum***

يصيب هذا النوع الورد والفراولة والتين والفول السوداني وفول الصويا والطماطم وكثير من الأشجار الخشبية، وخاصة في المناطق الباردة، وقد يسبب أحياناً عقداً في أطراف الجذور، ودورة الحياة في هذا النوع طويلة قد تصل إلى ثلاث سنوات، كما أن الأنثى قد تعيش إلى خمس سنوات في التربة.

- **النوع "زيفينيما انديكس" *X. index***

يصيب العنب في جميع أنحاء العالم، كما يصيب التين والورد، وتسبب إصابة بعض العوائل– وليس جميعها– عقداً في أطراف الجذور، تشبه تلك التي تسببها نيماتودا تعقد الجذور لكنها تختلف عنها من حيث التركيب الداخلي، ويفقس البيض في هذا النوع إلى الطور اليرقي الأول، ودورة الحياة قصيرة جداً بالمقارنة مع الأنواع الأخرى للجنس، إذ تستغرق حوالي 22–27 يوماً عند درجة حرارة 24°م.

- **النوع "زيفينيما امريكانيم" *X. americanum***

يهاجم هذا النوع العديد من النباتات كالموالح والعنب والذرة الشامية ومحاصيل الحبوب وبعض أشجار الفاكهة، ودورة الحياة في هذا النوع تستغرق حوالي سنة كاملة.

الشكل (33): النيماتودا الخنجرية

(أ) أنثى بالغة. (ب) النهاية الخلفية للأنثى.

(جـ) المنطقة الخلفية للذكر. (د) نهاية الذيل في الذكر.

(هـ) النهاية الخلفية للذكر. (و، ز) الجزء الأمامي لليرقة المنسلخة.

نيماتودا تقصف الجذور Stubby-Root Nematodes

تعتبر نيماتودا تقصف الجذور من مجموعة نيماتودا خارجية التطفل، تتغذى على الجذور بحرية كاملة وتشمل هذه النيماتودا حالياً على جنسين متقاربين هما:

- الجنس "تريكودورس" *Trichodorus* spp. يضم 59 نوعاً.
- الحنس "بارا تريكودورس" *Paratrichodorus* spp. يضم 26 نوعاً.

يتميز جسم نيماتودا تقصف الجذور بأنة قصير حولي 1مم، ولكنة عريض ذو نهاية مستديرة تقريباً، كما أن الكيوتيكل سميك وسائب losse. ويعتبر الرمح من الصفات المميزة، حيث يكون عل شكل سن منحن وغير مجوف (الشكل 34). تستغرق دورة الحياة حوالي شهر واحد.

تسمى هذه النيماتودا بنيماتودا تقصف الجذور نتيجة لما تحدثه من أعراض مميزة على الجذور، حيث يظهر المجموع الجذري على شكل تفرعات قصيرة وغليظة stubs، تبدو كأنها مقصفة أو مبتورة. يتكون هذا التقصف نتيجة لمهاجمة النيماتودا لأطراف الجذور التي تتوقف عن النمو الطولي، فينتج النبات جذوراً جانبية أخرى، وهذه بالتالي تهاجم بالطريقة السابقة نفسها، وهكذا تتكون أعراض تقصف الجذور المميزة، كما يصاحب الإصابة نقص كبير في

الجذور الشعرية. وتنعكس أضرار الجذور على نمو النبات، فيظهر النبات المصاب ضعيف النمو قابلاً للذبول بسهولة، كما تقل نوعية وكمية المحصول الناتج.

تنتشر أنواع نيماتودا تقصف الجذور في معظم أنحاء العالم، وتصيب النيماتودا عدداً كبيراً من النباتات الاقتصادية مثل بنجر السكر والطماطم والذرة الشامية والبصل وكثير من أشجار الفاكهة، كما أن لها أهمية كبيرة في نقل بعض الأمراض الفيروسية مثل:

١. فيروس التلون البني في البسلة (PEBV) يصيب البسلة pea والبرسيم lucern.
٢. فيروس تخشن ورق (خشخشة) الدخان Tobacco rattle virus (TRV) يصيب الدخان.

هذان الفيروسان من الفيروسات ذات الشكل العصوي والتي تعرف باسم فيروسات TUBRA-Viruses.

الشكل (34): نيماتودا تقصف الجذور

(أ) أنثى. (ب) المنطقة الأمامية في الأنثى.
(ج) منطقة الذيل في الأنثى. (د) منطقة المريء في الأنثى.
(هـ) أشكال مناطق المريء في الذكر. (و) الفتحة التناسلية في الأنثى.
(ز) أشكال نهاية الذيل في الذكور.

النيماتودا الواخزة (اللاسعة) Sting Nematodes

تعتبر النيماتودا الواخزة "بيلونوليمص" *Belonolaimus* spp. من أخطر أجناس النيماتوا الخارجية التطفل، خاصة في الترب الرملية الخفيفة في المناطق الدافئة، حيث تسبب أضراراً كبيرة في أنسجة الجذور، وقد تموت النباتات في حالات الإصابة الشديدة. ولا تقتصر خطورة هذه النيماتودا على أضرارها المباشرة على الجذور، بل تتعدى ذلك إلى إضعاف الجذور وتهيئتها للإصابة بالكائنات الممرضة الأخرى كفطر الفيوزاريوم *Fusarium* spp.، حيث تزداد شدة مرض الذبول كثيراً مع وجود النيماتودا.

يتميز جسم النيماتودا الواخزة بأنة طويل (قد يصل إلى 3مم) ورفيع، ومنطقة الرأس متميزة عن باقي الجسم، تنقسم طولياً إلى أربعة أجزاء بواسطة أخاديد طولية (الشكل رقم 35)، والرمح طويل جداً يصل طوله إلى أكثر من 100 ميكرون، تستخدمه النيماتودا في التغذية على أنسجة الجذر الداخلية. ولا يعرف تماماً طول دورة الحياة.

يضم الجنس حوالي ثمانية أنواع من أهمها:

- النوع "بيلونوليمص جراسيليس" *B. gracilis*
- النوع "بيلونوليمص لونجي كاداتيس" *B. longicaudatus*

وتصيب هذه النيماتودا عدداً من المحاصيل المهمة مثل القطن والذرة الشامية، والفول السوداني، بالإضافة إلى نباتات المسطحات الخضراء والمراعي وبعض أشجار الفاكهة والخشبية. وتشمل الأعراض تهتك أنسجة الجذور وتقرحات موضعية بنية اللون، كما يحدث تقزماً للمجموع الجذري، وتظهر على النباتات المصابة أعراض الذبول والاصفرار، وفي حالات الإصابة الشديدة خاصة على القطن والذرة الشامية قد تموت النباتات.

الشكل (35): النيماتودا الواخزة *Belonolaimus longicaudatus*

(أ) الجزء الأمامي لجسم الأنثى. (ب) رأس الأنثى. لاحظ الهيكل الرأسي.

(ج)الجزء الخلفي لجسم الأنثى. (د) الجزء الخلفي لجسم الذكر.

ص 97
أمراض المجموع الخضري
Diseases of Aerial Paris

هناك عدد- وان كان قليلا- من أجناس نيماتودا النبات يصيب أجزاء النبات فوق سطح التربة ، كالسوق و البراعم والأوراق والأزهار والبذور،وتسبب لها أمراضا أو أضرارا وتشوهات . وتعيش النيماتودا عادة كطفيليات داخلية متجولة داخل هذه الأجزاء المصابة، وفيها يتم التكاثر، إلا أنه يمكن لبعض أنواعها أو أطوارها التطفل خارجيا - أو لفترة محدودة – على بعض النباتات، بشرط توافر ظروف رطوبة عالية جدا. تبدأ دورة الحياة في التربة بعد تساقط الأجزاء المصابة وتهتكها عادة في الطبقات السطحية من التربة أو على سطح التربة، ومع بداية الموسم التالي تهاجم النيماتودا البادرات الصغيرة النامية أو تتسلق النباتات النامية ، وعندها تحدث الإصابة ومن ثم تتطور النيماتودا وتتكاثر.

تشمل هذه المجموعة من النيماتودا على كل من جنس *Anguina* الذي يتطفل داخل أزهار و أوراق القمح و أوراق النباتات العشبية خاصة من العائلة النجيلية ، و الجنس *Aphelenchoides* الذي يصيب أوراق بعض النباتات كالأرز و الكريزاثيمم ، وكذلك الجنس *Ditylenehus* وخاصة النوع *D.dispaci* الذي يصيب السوق والأبصال لكثير من النباتات ، كالبرسيم و البصل و الفول و الذرة وكثير من أبصال الزينة . كما أن هناك نوعين من هذه المجموعة يتطفلان على الأشجار ، وينقلان بواسطة بعض الحشرات ، فالنوع *Rhadinaphelenchus cocophilus* يسبب مرض الحلقة الحمراء في سوق أشجار نخيل جوز الهند (coconut) ونخيل الزيت ،وينقل بواسطة سوسة نخيل جوز الهند Palm weevil، والنوع *Bursaphelenchus lignicolus* يسبب ذبولا وموتا لأشجار الصنوبر، وخاصة في الولايات المتحدة واليابان ، وينقل بواسطة خنافس الصنوبر المنشارية *Monochamus alternatus* .

ص 98
نيماتودا تثألل حبوب القمح
Seedgall Nematode (*Anguina tritici*)
تسمى هذه النيماتودا أحيانا بنيماتودا تعقد البذور والأوراق seed and leaf gall nematode ،وأحيانا أخرى بنيماتودا تعقد الأوراق والأزهار leaf and flower gall nematode ،أو اختصارا بنيماتودا تعقد القمح wheat galls .

1_ الأهمية و الانتشار

قد لا تعتبر هذه النيماتودا مشكلة كبيرة الآن في كثير من مناطق زراعة القمح في العالم ، ولكنها لا تزال تشكل خطورة في حقول القمح في مناطق أخرى ، كشرق أوروبا والهند ومنطقتنا في الشرق الأوسط . وقد يصل الفقد في المحصول في حالة الإصابة الشديدة إلى 70% ، ومما يزيد في أهمية المرض و خطورته انتشاره السهل عن طريق البذور المصابة (العقد البذرية)،التي تختلط مع السليمة عند الحصاد، وبالتالي احتمال استعمالها كبذور للموسم القادم، وكذلك مقدرة النيماتودا على السكون داخل العقد البذرية لفترات طويلة، قد تصل إلى أكثر من 30 عاما في المخزن . كما أنها تعتبر ناقلة ومتعاونة مع البكتيريا *Corynebacterium tritici* لإحداث ما يسمى بمرض تعفن السنابل الأصفر yellow ear rot على القمح، حيث تظهر إفرازات لزجة صفراء عبارة عن كتل البكتيريا المتكونة داخل السنابل .

2_ الوصف

يضم الجنس *Anguina spp.* حوالي 40 نوعا،ولكن أهمها اقتصاديا هو النوع *A. tritici* على القمح. تكون أجسام الإناث في هذا النوع ممتلئة وملتفة من الجهة البطنية، وقد يصل طولها إلى 4مم، ولإناث ذات مبيض واحد أمامي طويل ينعكس على نفسه مرة أو مرتين، والخلايا البيضية تتراص في أكثر من صف حول المحور (شكل رقم 36). أما الذكور فأقل التفافا وغير ممتلئة، وذات جراب تناسلي وغدة تناسلية منعكسة أيضا.

3_ الأعراض

تبدأ الإصابة عندما تهاجم يرقات الطور الثاني بادرات القمح الصغيرة، حيث تتطفل هذه اليرقات خارجا على الأوراق الصغيرة بالقرب من قممها النامية، فتسبب لها تقزما و التفافا وتجعدا، وبمجرد تكوين السنابل فان اليرقات تخترقها وتستقر في مبايض الأزهار، حيث تكمل دورة حياتها. ونتيجة لإصابة السنابل تتكون عقد بذرية seed galls صغيرة سوداء اللون مجعدة بدلا من الحبوب الطبيعية (شكل 37)، وتظهر السنابل المصابة أقصر من السليمة كما تتباعد عصافات الأزهار المصابة إلى الخارج، مما يسهل رؤية العقد البذرية المتكونة داخلها.

ص99

4_ دورة الحياة

عند زراعة حبوب القمح السليمة والمختلطة بالحبوب المصابة في التربة وبفعل ماء الري تنشق الحبوب المصابة وينطلق منها الطور اليرقي الثاني الذي يتحرك بين حبيبات التربة إلى أن تنبت الحبوب السليمة وتظهر بادرات القمح، تقترب اليرقات من قواعد سيقان البادرات لتتسلقها خلال غلالة الماء الرقيقة التي تغلف سطح البادرات بفعل الندى وماء الري ثم تتحرك اليرقات لتصل إلى غمد الأوراق العليا للبادرات وتظل مرتبطة بأوراق العلم المجاورة للقمة النامية للنبات ومع نمو البادرة تظل اليرقات على الأوراق القريبة من قمة النبات وتتغذى خارجيا على خلايا أنسجة السطح العلوي لأغماد أوراق العلم دون أن تتطور وتسبب حدوث عقد galls على الأوراق المصابة نتيجة لعمليات التغذية ، وعند ظهور الحوامل الزهرية لنبات القمح تتحرك يرقات العمر الثاني نحو الحوامل الزهرية حيث تهاجم أغلفة الأزهار وعند تحول الأزهار إلى حبوب تقوم اليرقات عمر ثاني باختراق الحبة حيث تتغذى على محتويات الحبة الداخلية وتنسلخ إلى الطور اليرقي الثالث الذي يتغذى وينسلخ إلى الطور اليرقي الرابع الذي يتغذى أيضا على محتويات الحبة وينسلخ إلى الطور الكامل ذكور و إناث والذي يصل إلى حوالي 80 فرد بكل حبة،ثم تتزاوج الذكور و الإناث وتموت الذكور وتضع الإناث الآلاف من البيض الذي يفقس داخليا عن الطور اليرقي الأول ثم خارجيا للطور اليرقي الثاني ثم تدخل في طور سكون تام Cryptobiosis داخل الحبوب المصابة التي تجمع مع الحبوب السليمة وتظل ساكنة حتى تتم زراعة الحبوب مرة أخرى حيث تخرج اليرقات عمر ثاني من الحبوب المصابة وتبدأ الإصابة مرة أخرى وتستغرق دورة الحياة موسم زراعة القمح أي حوالي 7_9 أسابيع ولهذا فان لها جيل واحد في العام.

ومن الجدير بالذكر أن الحبة المصابة بها حوالي 30,000 يرقة عمر رابع ساكنة وتكون مقاومة للجفاف وتعيش أكثر من 50 عاما داخل الحبة محتفظة بحيويتها لتعيد دورة الحياة مرة أخرى .

ص100

شكل(36) نيماتودا تعقد البذور و الأوراق
(أ) المنطقة الأمامية للأنثى . (ب) أعضاء السفاد في الذكر.
(ج) منطقة الـــــرأس . (د) منطقة الذيل في الذكر.
(هـ) شكل الذيل في الذكر. (و) أنثى بالغـــــة .

ص 101

نيماتودا البراعم و الأوراق Bud and Leaf Nematodes

الأهمية والانتشار

يضم جنس *Aphelenchoides* عددا كبيرا من الأنواع المتباينة التغذية (227 نوعا) ، معظمها يتطفل على الفطريات ، وبعضها على الحشرات، والقليل منها على النباتات الاقتصادية ، ومع ذلك يستطيع البعض التطفل على النباتات الراقية والفطريات على حد سواء.

ومن أهم الأنواع التي تصيب النباتات الاقتصادية النوع *A.bessyi* الذي يسبب مرض القمة البيضاء white tip في الأرز، وهو مرض اقتصادي مهم في مناطق زراعة الأرز في العالم، ولكن أمكن التحكم فيه ومكافحته في بعض المناطق على الأقل كالولايات المتحدة واليابان، وكذلك النوع *A. ritzemabosi* الذي يصيب براعم وأوراق كثير من نباتات الزينة وخاصة الكريزانثمم،وكذلك بعض أشجار الفاكهة في كثير من مناطق العالم، كما يسبب النوع *A. fragariae* مرض التقزم الربيعي spring dwarf للفراولة .

الوصف

يبلغ طول الجسم في المتوسط حوالي 1مم بقطر حوالي 20 ميكرونا، كما يتميز المريء بضخامة البصلة الوسطى (الشكل رقم 37)، واستطالة الغدد القاعدية التي تتداخل مع الأمعاء لمسافة طويلة .

الأعراض

تتمثل الأعراض في مرض القمة البيضاء في الأرز بتلون الأطراف العليا (2_5 سم) للأوراق فتصبح مصفرة إلى بيضاء اللون، كما تتقزم وتلتف أوراق العلم flag leaves وتبدو النورات صغيرة تحتوي على عدد كبير من الأزهار العقيمة.

أما على الكريزانثمم فتتمثل الأعراض بموت البراعم ومناطق النمو الطرفية، وتتكون بقع مصفرة على الوراق تكبر ثم تتحول إلى اللون البني، وتظهر على هيئة بقع زاوية نتيجة لإصابة الأنسجة بين عروق الورقة، وفي النهاية تموت الوراق وتسقط.

وعند إصابة الفراولة بمرض التقزم تصبح النباتات متقزمة، كما تتشوه الأوراق والسيقان والأزهار.

ص 102

دورة الحياة

تسكن النيماتودا من نوع *A. besseyi* في حبوب الأرز المصابة، عادة في الطور اليرقي الرابع المقاوم للجفاف. وتتحرر النيماتودا من الحبوب عند الزراعة، وتهاجم البادرات الصغيرة، وتخترق الأنسجة في أغماد الأوراق وكذلك أنسجة الأزهار. تتغذى كطفيليات خارجية على سطوح الأنسجة المصابة، وتضع البيض داخل أنسجة الأوراق والأزهار المصابة. وتستغرق دورة الحياة نحو ثمانية أيام عند درجة حرارة 23° م . تسكن النيماتودا عند الحصاد إما في الحبوب، أو داخل قشور (أغلفة) الحبوب .

أما في النوع *A. ritzemabosi* فتسكن النيماتودا أيضاً داخل الأوراق المصابة الساقطة، وتقاوم الجفاف مدة قد تصل إلى أكثر من سنتين. تتحرر النيماتودا عند الزراعة وتتسلق السوق، ثم تدخل إلى الأوراق من خلال فتحات الثغور، وتتغذى كطفيليات داخلية على أنسجة الورقة. ويوضع البيض في الفراغات البينية لأنسجة الورقة ثم يفقس وتتطورالنيماتودا داخل الأوراق. تستغرق دورة الحياة حوالي أسبوعين.

شكل (37). نيماتودا البراعم و الأوراق *Aphelenchoides composticola*
(أ) الأنثى . لاحظ البصلة الوسطى كبيرة الحجم.
(ب) منطقة الرأس. (ج) منطقة الذيل في الذكر.

نيماتودا السوق والأبصال
Stem and Bulb nematode (Ditylenchus dipsaci)

الأهمية والانتشار

تعتبر نيماتودا السوق والأبصال *D. dipsaci* من الآفات النيماتودية المهمة جدًّا خاصة في المناطق الباردة من العالم،وقد قضت تقريباً على صناعة إنتاج أبصال النرجس في بريطانيا في العشرينات من هذا القرن، ولا تقتصر أهميتها على أبصال الزينة أو في المناطق الباردة، بل تعتبر أيضاً من أهم الآفات النيماتودية على البرسيم والشوفان

والبصل والثوم والبطاطس والذرة والفول والفراولة، وكذلك على كثير من العوائل النباتية الأخرى في مختلف مناطق العالم، ولا تزال هذه النيماتودا تشكل خطورة كبيرة على صناعة إنتاج أبصال الزينة في بريطانيا وهولندا.

يضم جنس *Ditylenchus* أكثر من 150 نوعاً.ولكن أخطرها وأكثرها انتشاراً هو نوع نيماتودا السوق والأبصال *D.dipsaci* الذي يسبب تشوهات في نمو كثير من النباتات. أما النوع *D.destructor* فيسبب مرض العفن الجاف على درنات البطاطس، ولذلك تسمى هذه النيماتودا بنيماتودا تعفن البطاطس. وهناك نوع ثالث مهم هو النوع *D.myceliophagus* ،

الذي يشكل خطورة كبيرة على صناعة فطر عيش الغراب في مناطق زراعته في العالم. وتضم نيماتودا السوق والأبصال عدداً من السلالات المرضية (حوالي 11 سلالة) تختلف باختلاف تفضيلها لعوائل نباتية معينة.

الوصف

يصل طول الجسم في نيماتودا السوق والأبصال إلى حوالي1,3 مم بقطر 30 ميكروناً (الشكل رقم 38)، والجسم ذو تخطيط عرضي ناعم ، والرمح قصير (10ــ 12 ميكروناً)، ولكن البصلات واضحة متميزة . الأنثى ذات مبيض واحد أمامي يمتد طويلاً إلى الأمام وقد يصل إلى غدد المريء ، والذكور ذات جراب تناسلي طويل .

الأعراض

تظهر الأعراض على البرسيم المصاب بنيماتودا السوق والأبصال على شكل انتفاخ وتشوه في الساق، حيث يتضخم وتقصر فيه السلاميات ، ويصبح النبات متقزماً ومشوهاً ،كما تحدث تشوهات على الأوراق مثل التعقد والالتفاف والتجعد ، وتصبح الأوراق سهلة الذبول في الحقل.

صفحة رقم (104)

أما على البصل فتكون النباتات المصابة مصفرة اللون ومتقزمة ، والأوراق ملتفة وجافة، وتصبح البصلة نفسها متشققة ومشوهة، والأنسجة تنفصل عن بعضها البعض بسهولة. وقد تنتقل النيماتودا من الأبصال المصابة إلى النورات فتؤثر على عدد الأزهار وكذلك تؤخر من نضجها.

دورة الحياة

توجد النيماتودا في حالة سكون في مرحلة الطور اليرقي الرابع داخل الأجزاء النباتية المصابة (السوق، الأوراق، الأبصال، البذور) الساقطة على سطح التربة، أو حتى داخل التربة، وتكون مقاومة لظروف الجفاف والتجمد عدة سنوات. وعند تحسن الظروف في موسم الزراعة التالي تصبح هذه الأطوار نشيطة وتخترق أنسجة العائل مباشرة، أو من خلال الثغور، وتتطفل داخليا، وتنسلخ الانسلاخ الأخير ليتكون الطور البالغ من الذكور والإناث. تضع الأنثى البيض (حوالي 200ــ500 بيضة) داخل الأنسجة المصابة وغالبا يتم التكاثر جنسيا، ويفقس البيض إلى الطور اليرقي الثاني الذي ينسلخ بسرعة إلى الطور اليرقي الثالث ثم الرابع، وهو الطور الذي يبدأ الإصابة مرة أخرى. ويستمر التكاثر خلال

العام لكنه يتوقف أو يتأخر في أثناء البرودة الشديدة أو في نهاية الموسم، ولا تهاجر النيماتودا إلى التربة إلا عندما تصبح الظروف في الأنسجة النباتية غير ملائمة. تستغرق دورة الحياة حوالي ثلاثة أسابيع.

صفحة رقم (105)

شكل (38) نيماتودا السوق والأبصال

(أ) أنثى بالغة. (ب) رأس أنثى.

(ج) مقدمة الرأس. (د) منطقة الذيل في الذكر.

(هـ) أعضاء السفاد في الذكر.

صفحة رقم (106)

نيماتودا نخيل جوز الهند Coconut nematode

Rhadinaphelenchus cocophilus (Cobb, 1919) J.B. Goodey, 1960.

شكل رقم (39) .

شكل (39) نيماتودا نخيل جوز الهند 1 ــ مقدم جسم الأنثى 4,3,2 ــ منطقة المرئ والفتحة التناسلية والذيل في الأنثى 6,5 ــ الذيل في الذكر(منظر جانبي وبطني).

تسبب هذه النيماتودا مرض يسمى الحلقة الحمراء red ring في الأشجار المصابة والتي يتراوح سنها من 4 ــ 10 سنوات ونادرا ماتصاب الأشجار الصغيرة جدا والكبيرة وتقوم حشرة سوسة النخيل **Rhynchophorus palmarum palm weevil** بدور هام في نقل يرقات النيماتودا عن طريق تعلقها على جسم الحشرة من الخارج أثناء إصابتها للأشجار أو قد تنقل داخليا داخل جسم الحشرة عن طريق الثغور التنفسية أو القصبات الهوائية لحلقات الصدر والرأس والبطن.

صفحة رقم (107)

أعراض الإصابة والضرر:

ينتشر هذا الجنس من النيماتودا في غرب الهند والجنوب الشرقي لأمريكا ودول الكاريبي بأمريكا الوسطى.
تظهر حلقة من الأنسجة المتقزمة والميتة على الأجزاء السفلي للساق الرئيسي للأشجار، اصفرار الأوراق ثم تحولها إلى اللون البني الداكن وذلك نتيجة لانسداد الأوعية الخشبية حيث أن هذا النوع من النيماتودا من الطفيليات الداخلية التطفل ويقضي فترة من دورة حياته خارجيا حتى يصل إلى العائل المناسب ليبدأ في اختراق أنسجة الساق والتغذية على خلايا طبقات الساق، وتموت الأشجار تماما وخاصة الصغيرة من (4ـ10 سنوات) في خلال فترة لاتزيد عن 6 شهور. عند عمل قطاع عرضي في السيقان المصابة تظهر حلقة حمراء على بعد 5سم من المحيط الخارجي للساق وبسمك 2ـ 3 سـم. تصاب الجذور أيضا بالنيماتودا ويحدث تغير في اللون ويصبح نسيج القشرة اسفنجيا. ومن أهم طرق مكافحة هذه الآفة هو حرق الأشجار المصابة ومكافحة حشرة سوسة النخيل التي تنقل النيماتودا من الأشجار المصابة إلى السليمة .

ص 108

مكافحة الآفات المتطفلة على النبات

Plant Parasitic Nematode Pests Control

إن مكافحة الآفات النيماتودية التي تصيب المحاصيل الزراعية المختلفة هي هدف أساسي لكل باحث أو متخصص في النيماتودا الزراعية و ذلك لزيادة الإنتاج الزراعي. و تحتاج مكافحة النيماتودا لدراسات حقلية و معملية لتحديد أنواع النيماتودا و شدة التلوث و كذلك معرفة تاريخ المحصول و المعاملات الزراعية المتبعة في الحقل و كذلك معرفة الحد الحرج الاقتصادي لكل نيماتودا و ذلك قبل إعطاء أي توصية.
و يمكن تقسيم طرق مكافحة الآفات النيماتودية المتطفلة على النبات إلى :

أولا- الطرق الوقائية Preventive Methods

تهدف هذه الطرق إلى منع و صول أو انتشار النيماتودا من مكان إلى آخر، سواء من بلد إلى آخر، أو داخل المنطقة أو حتى المزرعة. و تشمل هذه الطرق الأتي:

1- الحجر الزراعي Agricultural Quarantine

أن كلمة "كوار انتين" Quarantine تعني بالإيطالية " أربعين" لان في العصور الوسطى كانت مدة الحجر الصحي 40 يوما. و يقسم الحجر الزراعي إلى قسمين :

أ- الحجر الزراعي الدولي International Agricultural Quarantine

و يتمثل في مجموعة القوانين و التشريعات التي تصدر لمنع دخول أو خروج الآفات من بلد إلى آخر، أو من منطقة لمنطقة أخرى و ذلك عن طريق و جود لجان من المتخصصين في التعرف على الآفات المختلفة في الموانى و المطارات و الحدود الدولية لفحص البذور و المنتجات و الأجزاء النباتية الداخلة إلى البلاد و منحها شهادة تفيد خلوها من الأمراض أو الآفات، و إذا ثبت إصابتها فإن الجهة المخولة تقوم بمكافحة الآفات الموجودة و قد يتطلب الأمر إعدام هذه المصادر من العدوى.

ب ـ الحجر الزراعي (المحلي) Domestic (Local) Agricultural Quarantine
و يوجد هذا النوع بين المناطق داخل الدولة الواحدة، أو حتى على مستوى المزارع في المنطقة الواحدة، متى دعت الضرورة إلى ذلك، و ذلك لمنع انتشار الآفة من منطقة موبوءة إلى منطقة أخرى خالية من هذه الآفة.

2ـ النظافة الصحية Sanitation
و تشمل الإجراءات الضرورية لمنع تواجد الآفة أو انتقالها من مكان إلى آخر خاصة في المشاتل أو في الحقل عملا بمبدأ الوقاية من العلاج، منها:

أ ـ النظافة الصحية في المشاتل وتشمل
إنتاج شتلات أو أصول سليمة خالية تماما من النيماتودا أو غيرها من أحياء التربة الممرضة، و يتم ذلك عن طريق:
- معاملة تربة المشتل معاملة جيدة بالمبيدات النيماتودية أو بواسطة بخار الماء.
- تنظيف أو تبخير جميع الأدوات و الآلات المستعملة في المشتل.

تنظيف أرضية المشتل و ممراته، و كذلك أماكن تخزين و تداول المواد النباتية المستعملة.

ص 109
ب ـالنظافة الصحية في الحقل و المشتل
- التخلص من الحشائش بشكل مستمر لأنها تشكل مصدرا دائما للعدوى من النيماتودا كنيماتودا تعقد الجذور .
- عدم زراعة نباتات قابلة للإصابة على جانبي قنوات الري .
- عدم مرور قنوات الري بحقول ملوثة بالنيماتودا قبل وصولها إلى الحقول الخالية منها .
- التأكد من نظافة جميع الأدوات و الآلات الزراعية قبل استعمالها، و ذلك لمنع انتشار النيماتودا بواسطة حبيبات الطين الملوثة أو الأجزاء النباتية المصابة العالقة بها .

3ـ استعمال بذور أو تقاو خالية من النيماتودا Use of Nematode–free Planting stocks

بالرغم من أهمية استخدام أصول نباتية خالية من النيماتودا، إلا أن كثيرا من المزارعين مازالو ا ينتجون أو يشترون أو يستعملون بذورا و تقاوي أو شتلات مصابة بالنيماتودا. و من أمثلة هذا النوع:

- انتشار نيماتودا السوق و الأبصال*Ditylenchus dipsaci* عن طريق بذور البرسيم الحجازي والثوم والبصل و أبصال الزينة الملوثة.
- انتشار نيماتودا تثألل حبوب القمح *Anguina tritici* عن طريق بذور القمح المصابة.
- انتشار نيماتودا البراعم والأوراق .SPP *Aphelenchoides* عن طريق بذور الأرز نباتات الفراولة و الكريز انثم المصابة.

بالإضافة إلى انتشار الكثير من أنواع النيماتودا عن طريق الشتلات و الفسائل و الكورمات و العقل المصابة التي تصدر إلى مختلف مناطق العالم، و دخول النيماتودا الاستمرار و البقاء لأنها محاطة بأنسجة العائل النباتي.

ثانيا ـ الطرق الزراعية Cultural Methods
تهدف إلى التخلص من الإصابات النيماتودية عن طريق استنباط أصناف مقاومة و اتباع نظام الدورة الزراعية و غمر الأرض بالماء، تقديم أو تأخير موعد الزراعة،أو إزالة النباتات المصابة و التي قد تكون خطرا على النباتات السليمة. و يمكن تلخيص أهم الطرق الزراعية بما يأتي:

1ـ استعمال الأصناف المقاومة Resistant varieties

تعتبر هذه الطريقة من أنجح الطرق وأكثرها كفاءة و اقتصادية لمكافحة نيماتودا النبات، كما أنها توفر مصاريف المكافحة الكيماوية، و تحمي البيئة من أخطار التلوث، و تهدف إلى استنباط أصناف مقاومة لأنواع النيماتودا المختلف. و يتوافر عدد لا بأس به من الأصناف النباتية المقاومة لأنواع معينة من النيماتودا، إلا أن المشكلة الرئيسية التي تواجه مربي و مستخدمي الأصناف المقاومة و بصفة متكررة هي ظهور سلالات races جديدة قادرة على كسر صفة المقاومة. و يعود ذلك إلى الاستخدام السيئ للصنف المقاوم و ذلك بزراعته عدة مرات متتالية في الحقل نفسه monoculture ، لذلك ينصح بعدم زراعة الصنف المقاوم عدة مرات متتالية في الحقل نفسه بل يجب إدخاله في دورة زراعية تشمل أصناف قابلة للإصابة و نباتات غير عوائل .

ص 110

2- اتباع نظام الدورة الزراعية Crop rotation

تعتبر من أرخص و أنجح الطرق و أكثرها فعالية و استعمالا في مكافحة نيماتودا النبات. و المقصود بالدورة الزراعية هنا هو "زراعة محاصيل حولية غير عوائل(غير مفضلة) non=hosts للنيماتودا أو مقاومة لها في نظام تتابعي معين في الحقل نفسه مع المحصول الرئيسي المرغوب في زراعته و القابل للإصابة بالنيماتودا". و الهدف من الدورة الزراعية هو حرمان النيماتودا من الغذاء، و بالتالي خفض كثافتها في التربة لدرجة لا تؤثر على المحصول المفضل لها عند زراعته تأثيرا اقتصاديا.

و من مميزات هذه الطريقة ما يلي :

- يمكن تطبيقها في حاله عدم توفر أصناف مقاومة في المنطقة.
- حماية الأصناف المقاومة من ظهور السلالات الجديدة .
- يمكن تطبيقها في مكافحة النيماتودا على المحاصيل ذات القيمة الاقتصادية المنخفضة.
- عدم الحاجة إلى المبيدات النيماتودية المرتفعة السعر نسبيا، و كذلك حماية للبيئة.

3- غمر التربة بالماءFlooding

رغم أن هذه الطريقة غير معمول بها على نطاق واسع، إلا أن نتائج التجارب المبكرة أشارت أن الغمر الذي يتراوح من 12-22 شهرا يقضي تماما على نيماتودا تعقد الجذور في التربة، كما أن محصول الأرز الذي ينمو تحت ظروف الغمر، أن غمر شتل هذا المحصول لمدة تتراوح بين 4-6أشهر قلل من تكوين مرض القمة البيضاء White tip في الأرز الذي يتسبب عن النيماتودا Aphelennnchoides bessyi. ويرجع موت النيماتودا عند استخدام هذهالطريقة إلى أحد العوامل الآتية:

- غياب العائلة يؤدي إلى حرمان التيماتودا من الغذاء.
- قلة الأوكسجين يؤدي إلى اختناق النيماتودا، ويزيد من نشاط البكتيريا اللاهوائية مثل البكتيريا التابعة للجنس Clostridium التي تنتج مواد سامة للنيماتودا.

تكون بعض المواد السامة للنيماتودا مثل كبريتيد الهيدروجين hudrogen sulfide وحمض البروبيونيك propionic acid و حمض البوتريكbutric acid في بيئة النيماتودا.

ومن عيوب هذه الطريقة أنها باهظة التكاليف لطول مدة الغمر و مصاريف الري فضلا عن أنها تغير خواص التربة و بنائها و خصوبتها و درجة الحموضة (pH) فيها.

4- موعد الزراعة Time of planting

يقصد به تقديم أو تأخير موعد الزراعة لتجنب الإصابة المبكرة بالنيماتودا و تقليل أضرارها، و هذا يعتمد على نوع المحصول و النيماتودا. و تستخدم هذه الطريقة بنجاح في مكافحة بعض أنواع النيماتودا على بعض المحاصيل مثل:

- مكافحة نيماتودا حوصلات بنجر السكر *Heterodera schachtii* على بنجر السكر و الملفوف.
- مكافحة النيماتودا الإبرية *Longidorus africanus* على الخس.
- مكافحة نيماتودا تعقد الجذور .*Meloidogyne* spp على البطاطس.

وجد أن زراعة البطاطس لعروة الربيعية مبكرا في فبراير أو مارس في بعض المناطق الباردة ليكون حصادها في شهر يوليو يؤدي إلى عدم تضررها بنيماتودا تعقد الجذور إلا أن نادرا، و ذلك يعود إلى عدم قدرة هذه النيماتودا على التكاثر في التربة التي لا تزال باردة بدرجة كافية للحد من نشاط النيماتودا. أما إذا زرعت البطاطس في شهر أبريل (أو اخر الربيع)

ليتم حصادها في الخريف، فإنها تتضرر كثيرا من الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور، وذلك بسبب نشاط النيماتودا خلال أشهر الصيف.

ص 111

5- العناية الجيدة بالعائلGood care of the host

يمكن التقليل إلى حد ما من الأضرار النيماتودية على بعض المحاصيل، وذلك بتوفير ظروف زراعية مثلى لنمو النبات كالري المنتظم، و التسميد الجيد، ومكافحة الآفات الأخرى كالأمراض و الحشرات و الحشائش تؤدي إلى زيادة قدرة تحمل النبات للأضرار، و لكنها غير مفيدة في تكاثر النيماتودا عليه.

6- إضافة المواد العضوية إلى التربةOrganic matter

وجد أن إضافة المواد (سماد الماشية و الدجاج والحمام و سماد المجاري والسماد الأخض) إلى التربة تعمل على خفض كثافة النيما تودا وذلك عن طريق :

- تشجيع وزيادة نمو النبات مما ونشاط الأعداء الطبيعية للنيماتودا كالفطريات والنيماتودا المفترسة .
- تحلل هذه المواد العضوية إلى مركبات وسطية مثل حمض البيوترك butyric acid الذي يعتبر سام للنيماتودا .
- زيادة قوة ونمو النبات مما يجعله أكثر تحملا للإصابة بالنيماتودا .

ومن عيوب هذه الطريقة أنها لا تعتبر ذات كفاءة عالية أو اقتصادية ، حيث يتطلب الأمر إضافية كميات كبيرة من المواد العضوية .

7- إزالة أو إبادة النباتات المصابة Removal or destruction of infected blants

يؤدي ترك بعض المحاصيل الحولية بعد نهاية الموسم إلى بقاء المجموع الجذري حيا عدة أسابيع ، وهذه المدة كافية لتطور وتكاثر النيماتودا الموجودة في الجذور مدة جيل أو جيلين إضافيين قبل دخول موسم الشتاء البارد . وهذا في الواقع خطأ كبير يقع فيه كثير من المزارعين ،إذ يكتفي المزارع عند غنتهاء موسم جمع المحصول بإيقاف الري فقط وترك النبات ليموت مع الوقت . لذلك فانه ينصح فور الانتهاء من جمع المحصول بإزالة النباتات ، وقلب التربة استعداد للموسم القادم .

ثالثا - الطرق الطبيعية (الفيزيائية) Physical Methods

تحتوي هذه المجموعة على عدة طرق لمكافحة أو خفض كثافة النيماتودا ،إلى حد ما ،لكنها إما أن تستعمل تحت ظروف خاصة، أولا يمكن الاعتماد عليها وحدها في الحصول على مكافحة اقتصادية.عومها تستخدم هذه الطرق مع غيرها من الطرق مع غيرها من الطرق ألاكثر كفائة إضافية ، وزيادة في خفض كثافة النيماتودا في التربة أو في أنسجة النبات .

وتشمل هذه المجموعة العديد من الطرق ، من أهمها :

1-الحرارة Heat

تعتبر الحرارة منأنجح الطرق الطبيعية وأكثرها استعمالا في مكافحة النيماتودا ، حيث تستخدم إما عن طريق بخار الماء أو الماء الساخن

ص112

أ- بخار الماء steam sterilion

الأصص يستخدم في معاملة ترب البيوت المحمية والمشاتل وتربة الأصص وأحواض الزراعة لحماية النيماتودا ،وتتخلص الطريقة : باستعمال مراجل (مولدات) generators ذات أحجام مناسبة لتوليد بخار الماء الذي يمرر من خلال أنابيب مثقبة توضع على أو في داخل التربة على عمق مناسب ، بحيث تصل الحرارة إلى 82 -93ْم على عمق حوالي15سم ولمدة 30 دقيقة. وتعتبر هذه الكمية من الحرارة كافية لقتل النيماتودا ،إذ أن معظم النيماتودا تموت عند تعرضها لدرجة حرارة 49ْ م لمدة 30 دقيقة . وعند معاملة كميات قليلة من التربة فعادة توضع هذه الكميات في خلاطات مناسبة ،وأثناء عملية خلطها تعرض للحرارة (الجافة أو البخار) عند درجة حرارة 82ْ م ولمدة30 دقيقة .

ب - الماء الساخن Hot water

يستخدم الماء الساخن لقتل النيماتودا في أنسجة بعض النبات (حبوب، أبصال، شتلات) الملوثة بالنيماتودا . وتتخلص الطريقة فينقع الأجزاء النباتية المصابة بالنيماتودا (وقبل زراعتها) بالماء الساخن عند درجة حرارة معينة ولمدة محددة .

ويضاف إلى الماء أحيانا بعض المواد الكيميائية كالفورمالين لزيادة كفاءة هذه الطريقة في مكافحة النيماتودا فيأنسجة النبات .

وتعتمد قدرة تحمل النباتات للمعاملة بالماء الساخن دون ضرر على نوع النباتات ، والصنف ،وكذالك الجزء المعامل منالنبات،ولذلك يجب أن تجرى هذه العملية بحرص شديد مع المحافظة الدقيقة على درجة الحرارة والوقت اللازم للغمر،ويوضح (الجدول رقم5) درجات الحرارة والوقت اللازم للغمر في معاملة عدد من النباتات المصابة بأنواع معينة من النيماتودا .

2- التعقيم الشمسي للتربة Soil solarization

تتخلص هذه الطريقة بتغطية سطح التربة بغطاء من البلاستيك polyethylene tarp الشفاف المنفذ ،لمدة تتراوح 4-8 أسابيع وذلك خلال أشهر الصيف وذلك لقتل معظم الكائنات الحية الموجودة في التربة ومنها النيماتودا . ويفضل في هذه الحالة أن يكون الغطاء مشدودا بإحكام على سطح التربة خلال فترة المعاملة ،كما يجب أن تكون التربة محروثة جيدا ،وذات مستوا كاف من الرطوبة حيث يؤدي إلى زيادة درجة حرارة التربة لأكثر من 50˚ م وهي درجة كافية لقتل النيماتودا في التربة .وقد أوضحت الأبحاث الحديثة أن إستعمال طبقتين من الغطاء البلاستيكي حيث تكون السفلة مشدودة جيدا على سطح التربة والأخرى فوقها غير محكمة الشد ، وقد أدى ذلك إلى زيادة حرارة التربة في وقت أسرع مناستعمال طبقة واحدة .

3- تبوير الأرض Fallowing

العائل	النيماتودا	درجة الحرارة(مْ)	الوقت اللازم (دقيقة)	ملاحظات
أبصال ألا يرس	السوق و الأبصال(D.dipsaci)	3و43	180	عادة يضاعف الفورمالين مع الماء
أبصال النرجس	السوق و الأبصال (D.dipsaci)	3و43	240	كسابقة، مع النقع في الماء الفاتر لمدة 2-4ساعة قبل المعاملة
الثوم (فصوص العنب)	السوق والأبصال (D.dipsaci)	0و49	20	عادة يضاعف الورمالين
	تعقد الجذور، التقرح،و الخنجرية (Meioidogyne,Pratylenchus and Xiphinema)	7و51	5	عقل جذرية ساكنة
الفراولة	تعقد الجذور(M.hapla)	8و52	3	أجزاء تكاثرية ساكنة
الفراولة	التقرح (P. penetrans)	0و51	9	كسابقة
القمح (بذور)	تثألل حبوب القمح (Anguina tritici)	0و50	120	النقع في ماء فاتر مع مبلل لمدة4ساعات قبل المعاملة

الكريز انثم	البراعم و الأوراق(A.ritzemabosi)	0و43	30	أجزاء تكاثرية ساكنة
الموالح	نيماتودا الموالح(T.semipenetrans)	7و46	25	جذور عارية.
الموالح	الحفارة (Radopholoides similes)	0و50	10	كسابقة
الموالح	الحفارة (Radopholoides similes)	0و55	20	كورمات
الورد	تعقدالجذور(.Meloidogyne spp)	0و45أو50	60أو10	جذور عارية ساكنة أو كسابقة

يقصد بها ترك الأرض بدون زراعة ومنع نمو أي نبات فيها مددا مختلفة ، وذلك بالحرث المتكررأو استعمال بمبيدات الحشائش ، مما يؤدي إلى موت أعظم أنواع النيماتودا الموجودة في التربة عن طريق عاملين أساسيين :

أ- حرمان النيماتودا من الغذاء starvation بسبب غياب العائل النباتي ، وبالتالي موتها ،لان النيماتودا طفيليات إجبارية لا تتحمل غياب العائل النباتي إلا لفترات قصيرة (12-28 شهرا او ستة أشهر على الأكثر في الطبقات الصطحية من التربة) باستثناء نيماتودا الحوصلات حيث تستطيع البقاء فيغياب العائل في طور البيض داخل الحوصلات cysts لمدة تتراوح من5 إلى 10 سنوات .

ص 113

ب - موت النيماتودا نتيجة للجفاف و الحرارة desiccation، فالحرث المتكرر سيعرض سطح التربة للجفاف و الحرارة بواسطة الرياح و الشمس، مما يؤدي إلى موت معظم أنواع النيماتودا، باستثناء بعض الأنواع التي تعيش في طبقات التربة على عمق أكثر من 20سم، أو التي تمتلك أطوار مقاومة للجفاف.

و تتميز هذه الطريقة بقدرتها على خفض كثافة كثير من أنواع النيماتودا في التربة. لكن من عيوبها أنها غير اقتصادية لان الأرض سوف تتوقف عن الإنتاج، كما أنها تعرض التربة لعوامل التعرية، و تعتبر غير مفيدة مع بعض أنواع النيماتودا التي تتحمل غياب العائل مدة طويلة، أو تقاوم الجفاف.

جدول رقم(5) درجات الحرارة و الوقت اللازم لمكافحة النيماتودا في بعض المواد النباتية بطريقة الغمر بالماء الساخن.

ص114

رابعا_ طرق المكافحة الكيميائية chemical control Methods

ويقصد بها استخدام مركبات كيميائية تعرف بالمبيدات النيماتودية Nematicides لمكافحة نيماتودا النبات ، سواء الموجودة في التربة أو داخل انسجة النبات.وتعتبر هذه المكافحة من أنجح الطرق وأكثرها استعمالا في الوقت الحاضر ،الا أن استعمالها لا يمكن أن يحل محل استعمال الأصناف المقاومة والدورة الزراعية ،ولكنها تعتبر البديل اذالم تتوفر أصناف مقاومة، أو لم تكن الدورة الزراعية ممكنة أو ذات جدوى اقتصادية.

وتقاوم النيماتودا بفعل الكثير من المواد الكيميائية نظرا لطبيعة تركب الجسم ووجود غلاف الكيوتيكل محيطا بالجسم والبيض ولذلك توجد صعوبة في إيجاد المبيد النيماتودي الفعال ويكون غير سام للنبات. وأهم الصفات الواجب توفرها في المبيد النيماتودي مايلى:

- أن يكون ذو تأثير قاتل أو سام للنيماتودا وجميع أطوارها الساكنة.
- أن يكون عديم السمية للنباتات إذا استخدم والنباتات قائمة بالحقل.
- أن يكون قادرا على الانتشار بين حبيبات التربة ويتخلل الأجزاء النباتية الموجودة بالتربة.
- أن يكون سهل التداول والاستخدام وغير ضار بالبيئة.
- يجب ألا يترك أي أثر سام على النبات التي سوف تزرع عقب المعاملة.

وعموما تختلف المبيدات النيماتودية في نشاطها الكيميائي والحيوي، وكذالك في سلوكها في التربة، لذلك تقسم المبيدات النيماتودية حسب طريقة تأثيرها إلى نوعين رئيسين:

1_ المبيدات المدخنة (مدخنات التربة) Fumigant nematicides

معظم هذه المبيدات تكون على هيئة سوائل مكونة أساسا من هيدروكربونات هالوجينية halogenated Hydrocarbons والتي يدخل في تركيبها عنصر الكلور أو البروم، وهي سوائل قابلة للتطاير، والقليل منها على صورة غازية (جدول رقم6). وتستعمل هذه المبيدات في تدخين التربة soil fumigats، ولذالك تسمى بمدخنات التربة soil fumigants. يتم تطبيق هذه المبيدات عن طريق حقنها داخل التربة على عمق 25_30 سم ،ثم يغطي سطح التربة مباشر بطبقه من غطاء بلاستيكي أو بطبقة من الماء .وتستخدم آلات خاصة تركب مع المحراث خلف الجرار tractor ،لحقن المبيد داخل التربة في المساحات الكبيرة ،أما في المساحات الصغيرة فيستخدم محاقن يدوية خاصة لإجراء هذه العملية.فيتحول المبيد من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية على شكل أبخرة fumes سامة تتحرك خلال الفراغات الهوائية بين حبيبات التربة وتقتل النيماتودا عن طريق اختراقهاالأغشية المائية المحيطة بجسم النيماتودا، وتقتل هذه المدخينات جميع الكئنات الحية الموجودة في التربة من فطر وبكتيريا وحشرات واكاروسات وحشائش.

وتعتبر مدخنات التربة المستعملة حاليا سامة للنبات phytotoxic ،لذلك يجب استعمالها في التربة قبل الزراعة بترة لا تقل عن أسبوعين أو ثلاثة أسابيع ،وقد تمتد إلى شهر كامل في حالة الترب الطينية أو عند انخفاض درجات الحرارة. كما يجب خلال فترة الانتظار waiting period أن تتم تهوية التربة جيدا للتخلص من بقايا الآبخرة السامة.

ص115

2- المبيدات الغير مدخنة non_fumigant nematicies

تتركب معظم هذه المبيدات من مركبات الفسفور العظوية organophosphates أو من مركبات الكرمبات العظوية organocarbamates، وهي ذات فعالية كبيرة على النيماتودا وبعض الآفات الأخرى (جدول رقم 7). ومعظم هذه المبيدات مبيدات جهازيه تسري مع عصارة النبات حيث يمتصها النبات مع الماء وتسمم الخلايا النباتية وتقتل النيماتودا عند تغذيتها عل عصارة النبات.

تباع هذه المبيدات على شكل حبيبات granules أو على شكل مستحلبات سائلة emulsifiable liquids، ويمكن استعمالها رشا على النموات الخضرية للنبات أو على سطح التربة. وينصح عند استعمالها أن توزع على سطح التربة ثم تخلط جيدا مع الطبقات السطحية للتربة و أحيانا تخلط مع مياه الري. ويتم انشارها في التربة بواسطة حركة ماء التربة، ويتركز نشاطها حول منطقة الجذور rhizosphere، وبلقرب من سطح التربة. وتنحصر طريقة تأثير معظم هذه المبيدات على أنها مبيدات جهازية systemic ماعدا مبيد "ايثوبروب" Ethoprop، حيث تمتص بواسطة جذور النبات من التربة وتتوزع في أنجسة النبات إلى الأعلى upward movement، واثنان من هذه المبيدات وهما "أوكساميل" Oxamant و "فيناميفوس" Fenamiphos فيعتبران مبيدات جهازية تنتقل من النموات الخضرية إلى الأسفل downward movement، ولذلك يمكن أن يستعملا رشا على النموات الخضرية للنبات. تصل المبيدات الجهازية إلى النيماتودا عن طريق:

- تغذية النيماتودا على أنسجة النبات systemic action.
- ملامسة المبيد لجسم النيماتودا contact action.

سواء وجدت النيماتودا في داخل أنجسة النبات أو في التربة المحيطة، وذلك عن طريق افرازات الجذور المحتوية على المبيد الجهازي. ويتم تطبيق هذه المبيدات إما بنثرها أو برشها بانتظام على سطح التربة، ومن ثم خلطها ميكانيكيا مع التربة بواسطة آلات حرث خاصة وبعمق 15_20سم، ثم ريها مباشرة.وقد يتم تطبيق المبيد بواسطة أجهزة الري الحديثة مثل الري بالرش أو الري باتنقيط أو الري المحوري.

ص 116

جدول رقم (6): أنواع المبيدات المدخنة، المستخدمة في مكافحة نيماتودا النبات.

أنواع المبيدات النيماتودية وأسماؤها الشائعة Common names	الاسم التجـاري Trade name	شكل المستحضر Formulation	مجال التأثير	ملاحظـات
أولاً: المدخنات Fumigants				
1_ هيدروكربونات هالوجينية				
بروميد الميثايل Methyl bromid	Meth-O-gas,Pestmaster متعددة منها Dowfume Mc-2, Brom-O-gas,Bronze	غاز مضغوط	نيماتودي(مدخن عام)	بصورة عامة جميع المدخنات سموم عامة.
1، 3-ثاني كلوروبروين 1,3-D	Telone II	سائل قابل للتطاير	نيماتودي	وضع تحت التقييم من قبل منظمة حماية البيئة الأمريكية منذ أغسطس 1986م.
كلوروبكرين Chloropicrin	Picfume,Chlor-O-pic,Larvacide	سائل قابل للتطاير	نيماتودي/حشري/ فطري/حشائش	غالباً لا يستعمل حالياً وحده وإنما مخلوطا مع غيره من المبيدات.
خليط الـ (1,3-D+Chloropicrin)	Telone C-17, Terr-O-cide D	سائل قابل للتطاير	نيماتودي	
خليط DD Mixture (1,3-D)	D-D, Vidden-D	سائل قابل للتطاير	نيماتودي	توقف إنتاجه بعد مارس 1984م.
ثاني بروميد الإيثيلين EDB	Soil-Brom, متعددة منها: Dowfume W-85	سائل قابل للتطاير	نيماتودي/حشري	*منع استخدامه كمدخن للتربة في 30 مارس 1983م.
ثاني بروموكلوروبروبان DBCP	Nemagon, Fumazone	سائل أو مستحلب أو حبيبي	نيماتودي	بدأ منع استخدامه في بعض الدول في 1977م ومنع نهائياً في 1981م.
2_ مولدات الميثايل ايزوسيانايت (MIT liberators)				
ميثايل ايزوسيانايت (DD or 1,3-D+MIT)MIT	Vorlex,Di-Trapex	غاز مضغوط أو سائل	نيماتودي/حشري/ فطري	
ميثام صوديوم Metham sodium, SMDC or VPM	Vapam	سائل	نيماتودي/حشري/ فطري	
دازوميت Dazomet or DMTT	Myline, Basamid	مسحوق قابل للبلل	نيماتودي/حشري/ فطري	توقف تسويقه كمبيد نيماتودي منذ بضع سنوات تقريبا.

* يضم هذا الجدول بعض المبيدات التي منع استخدامها، وذلك للعلم فقط وللانتباه خشية تسربها إلى الأسواق.

جدول رقم (7): أنواع المبيدات الغير مدخنة، المستخدمة في مكافحة نيماتودا النبات.

أنواع المبيدات النيماتودية وأسماؤها الشائعة Common names	الاسم التجـاري Trade name	شكل المستحضر Formulation	مجال التأثير	ملاحظـات
ثانيا: غير المدخنات Non-Fumigants				
1- فسفورية عضوية				
ايثوب Ethoprop, Ethoprophos	Mocap	حبيبي أو مستحلب	نيماتودي/حشري	جهازي محدود (في الجذور فقط)
فينسولفثيون Fensulfothion	Dasnit, Terracur-P	حبيبي أو مستحلب	نيماتودي/حشري	
فيناميفوس Fenamiphos	Nemacur	حبيبي أو مستحلب	نيماتودي/حشري	جهازي إلى الأسفل أيضا، يمكن رشه على النموات الخضرية
ثيونازين Thionazin	Nemafos	حبيبي أو مستحلب	نيماتودي/حشري	
تيربوفوس Terbufos	Counter	حبيبي	نيماتودي	
ايزاسوفوس Isasophos	Miral	حبيبي	نيماتودي	
3-كربماتية عضوية				
كربوفيوران Carbofuran	Furadan, Curaterr	حبيبي أو مسحوق قابل للبلل	نيماتودي/حشري/ أكاروسي	وضع تحت التقييم من قبل منظمة حماية البيئة الأمريكية منذ أغسطس 1986م.
كلوثوكارب Cloethocarb	Lance	حبيبي	نيماتودي	
الديكارب Aldicarb	Temik	حبيبي	نيماتودي/حشري/ أكاروسي	كسابقه، كما منع استخدامه في بعض الدول كالسعودية وغيرها.
الدوكسيكارب Aldoxycarb	Standax	مسحوق قابل للبلل	نيماتودي/حشري/ أكاروسي	
أوكساميل Oxamyl	Vydate	حبيبي أو مستحلب	نيماتودي/حشري/ أكاروسي	جهازي إلى الأسفل أيضا، يمكن رشه على النموات الخضرية.

ص118

خامساً_ طرق المكافحة الحيوية Biological Control Methods

تعرف المكافحة الحيوية بأنها "استخدام كائن حي سواء كان حيوانا أو نباتا في مكافحة كائن حي آخر ". ولا يقتصر مفهوم المكافحة الحيوية للنيماتودا على استخدام الأعداء الطبيعية فقط، بل يتضمن أيضا ليشمل:

- استخدام الأصناف المقاومة Resistant Varieties .
- إتباع نظام دورة زراعية Crop rotation .
- استخدام النباتات الصائدة للنيماتودا Trap plants .
- استخدام النباتات المضادة للنيماتودا Antagonistic plants .
- استخدام المبيدات الحيوية Biocides .

وسوف نركز في هذه المذكرة على المفهوم التقليدي للمكافحة الحيوية وهو استخدام الأعداء الطبيعية Natural enemies في مكافحة نيماتودا النبات، ومن هذه الكائنات:

الفطريات Fungi :

يوجد في التربة كثير من الفطريات التي تهاجم النيماتودا وتتغذى عليها بطرق مختلفة ويمكن تقسيم هذه الفطريات حسب طبيعة تطفلها إلى:

١ ـ الفطريات المتطفلة Parasitic fungi :

وهي أنواع من الفطريات إجبارية وداخلية التطفل تتواجد في التربة على هيئة جراثيم Spores ساكنة وتتطفل على النيماتودا عن طريق التصاق جراثيمها الموجودة بالتربة على جدار جسم النيماتودا أو ابتلاع النيماتودا لها عن طريق قناتها الهضمية و تنمو هذه الجراثيم داخل تجويف جسم النيماتودا وتكون ميسليوم فطري و تبدأ في التغذية على النيماتودا ومن أمثلة هذه الفطريات بعض أنواع أجناس:
Meria, Catanaria, Myzocytium .

٢ ـ فطريات مفترسة Predacious fungi

وهذه الأنواع توجد في التربة على هيئة غزل (ميسليوم) فطري و تفترس النيماتودا عن طريق أعضاء افتراس خاصة تسمى trap organs و تسمى بالفطريات الصائدة للنيماتودا Nematode-trapping fungi، حيث تتغذى على محتويات جسم النيماتودا وتقتلها ومنها بعض أنواع جنس *Stylopago* وهو من الفطريات الزيجوية Zygomycetes من طائفة الفطريات الطحلبية Phycomycetes و في هذه الحالة فإن الفطر ينتج غزل فطري لزج Adhesive hyphae حيث ينتج الفطر مواد لزجة على سطح الغزل تلتصق بجسم النيماتودا ويتغذى عليها ويقتلها .

صفحة رقم (119)

كما يوجد أنواع من الفطريات التي تكون شبكة غزلية لاصقة adhesive net حيث يكون الفطر شبكة من الغزل الفطري اللزج على شكل حلقات وعند مرور النيماتودا داخل هذه الحلقات يقوم الفطر بمهاجمتها والتغذية عليها مثل نوعى الفطر Arthrobotrys conoides , Arthrobotrys oligospora

كما قد يكون الفطر عقد لزجة adhesive knobs تصطاد النيماتودا عند مرورها وتلتصق العقد على جسمها وينمو الميسليوم الفطري ويخترق جسم النيماتودا ويتغذى على محتوياتها ومن أمثلة ذلك فطر Dectylaria candida.

كما يوجد أنواع من الفطريات المفترسة تكون حلقات ضاغطة Constricting rings وعندما تمر النيماتودا من خلال هذه الحلقات فان خلايا هذه الحلقات تنمو وتكبر في الحجم وتضغط بشدة على جسم النيماتودا وينمو الميسليوم الفطري الذي يخترق جسم النيماتودا ويتغذى على محتوياتها ومن أمثلة هذا النوع من التطفل بعض أنواع جنسي الفطريات Dactylaria, Arthrobotrys.

3ـ فطريات ممرضة Pathogenic fungi

وتتميز هذه الأنواع بأنها تنتج مواد سامة تستطيع عمل خلل إنزيمي في جسم النيماتودا سواء في الكيوتيكل أو في قشرة البيض أو قد تحدث خلل فسيولوجي في بعض العمليات الحيوية للنيماتودا ومن أمثلة هذه الفطريات النوعان Paecilomyces lilacinus , Verticillium chlamydosporium وقد أثبتت كثير من التجارب كفاءتهما في مكافحة بعض أنواع نيماتودا تعقد الجذور ونيماتودا الحويصلات .

البكتيريا Bacteria

وهي أنواع من البكتيريا تستطيع قتل النيماتودا عن طريق الالتصاق بجسمها وتكوين ميسليوم بكتيري يقتل النيماتودا ، أو عن طريق إنتاج توكسينات سامة للنيماتودا وذلك مثل نوع Pasteuria penetrans الذي يعتبر من أنواع البكتيريا الإجبارية التطفل والتي تكون جراثيم تلتصق بجسم النيماتودا ثم تنبت وتخترق جسم النيماتودا مكونة مستعمرات داخل جسم النيماتودا وتقتلها كما تمكن بعض العلماء من استخدام بعض أنواع جنسي بكتيريا Bacillus , Sterptomyces في مكافحة بعض أنواع النيماتودا وذلك عن طريق التو كسينات التي تفرزها هذه البكتيريا وتعتبر سامة للنيماتودا .

النيماتودا المفترسة Predacious nematodes

تهاجم بعض أجناس النيماتودا Mononchus, Diplogaster, Dorylaimus بعض أنواع النيماتودا المتطفلة وتفترسها وهذه الأجناس المفترسة غالبا ماتكون مزودة بتجويف فم واسع وسن كبيرة مثل الجنس Mononchus تقطع بها فريستها والبعض الآخر مزود برمح ويفرز سموما عصبية تسبب شلل الفريسة ثم تتغذى عليها مثل جنس Seinura .

مفصليات الأرجل المفترسة Predacious arthropods

وتشمل بعض الاكاروسات Soil mites الأرضية وكذلك حشرة الكولومبولا Collembolo (Onychiurus spp) ، وكثير من مفصليات التربة التي تتغذى بافتراس بعض أنواع النيماتودا المتطفلة على النبات.

حيوانات أخرى

ثبت أن لبعض الأوليات Protozoans مثل الهدبيات والسوطيات والجرثوميات القدرة على افتراس أو إمراض بعض أنواع النيماتودا كما وجد أن لبعض أنواع الديدان الحلقية قدرة افتراسية لكثير من أنواع النيماتودا المتطفلة على النبات .

تيليجرام يجمعنا وعلى قنوات هندسة زراعية موعدنا للاشتراك

https://t.me/agricultural_eng

https://t.me/agricultural_animalproduction

https://t.me/agricultural_Foodindustry

https://t.me/agricultural_Soilandwater

لعرض جميع المنشورات الزراعية على الفيسبوك اتبع الوسم التالي

#jhj_agricultural_eng

وعلى صفحتنا

https://www.facebook.com/groups/222694018264175/

Googl+

https://plus.google.com/communities/114533734929607974616