بعض الوظائف الحيوية في النيماتودا

Some Biological Functions of Nematodes

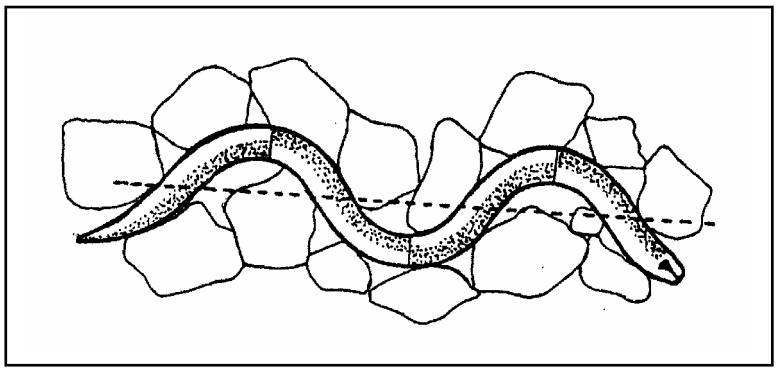
الحركة Locomotion

تتحرك معظم أنواع النيماتودا – بما فيها نيماتودا النبات – بواسطة حركة دفع تموجية Undulatory Propulsion عن طريق سلسلة من التموجات الظهرية البطنية. ويشبه هذا النوع من الحركة إلى حدٍّ كبير حركة الثعابين بين الأحجار، وكذلك حركة يرقات مفصليات الأرجل الزاحفة فوق حبات الرمل، أو حركة أسماك الأنقليس Eels الصغيرة.

وهناك، بصورة عامة، أربعة أنواع رئيسة لحركة النيماتودا:

١- حركة الدفع التموجية (أو الحركة الثعبانية) Undulatory Propulsion

وهذا النوع من الحركة (الشكل رقم ٢٤) هو الأكثر شيوعاً بين النيماتودا، كما ذكرنا أعلاه، وقد يسمى هذا النوع بالحركة الثعبانية Serpentive . ويختلف شكل هذه الحركة من الزحف أو الانزلاق على الأسطح الصلبة إلى السباحة، وذلك حسب كمية الرطوبة المتوافرة وطبيعة البيئة المحيطة، وكذلك نوع النيماتودا. وتنشأ هذه الحركة عن سلسلة من التموجات الظهرية البطنية الناتجة عن انقباض وانبساط الخلايا العضلية. وتبدأ هذه التموجات عادة من الأمام وتستمر إلى مؤخرة الجسم، وقد تبدأ من الذيل في أحيان قليلة. ويعتبر الضغط الداخلي المرتفع لجسم النيماتودا (١٠٠مم زئبق في الأسكارس) أو الهيكل الهيدروستاتيكي للجسم ضروريًّا لحركة الجسم، حيث يقوم الهيكل الهيدروستاتيكي بحفظ الضغط الواقع على محاور الجسم الطولية.



الشكل رقم (٢٤). حركة الدفع النموجية في النيماتودا بين حبيبات التربة.
(عن Wharton, 1986).

٢- الحركة شبه الدودية Wave-Like Contractions

يشبه هذا النوع من الحركة حركة القواقع Snails ، ويتميز به عدد قليل من النيماتودا ، وبصفة خاصة جنس النيماتودا الحلقية *Criconemoides*. وتنتج هذه الحركة عن انقباضات وانبساطات متبادلة للخلايا العضلية ، حيث ينقبض مؤخر الجسم أولاً ، ثم تنتقل موجة الانقباض إلى الأمام بمعدل موجة واحدة في كل مرة. وفي بعض أنواع النيماتودا الحلقية (مثل *C. curvatum*) تساعد امتدادات الحلقات المتجهة إلى الخلف على تثبيت الجسم على السطح ، ومن ثم تبدأ الانقباضات من الخلف إلى الأمام دافعة جسم النيماتودا إلى الأمام. وتختلف هذه الحركة عن حركة ديدان الأرض Earthworms حيث يمتد الرأس أولاً ثم يثبت ، وبعد ذلك تسحب الدودة نفسها إلى الأمام.

٣- الحركة شبه اليرقية Caterpillar – Like Movement

نوع من الحركة تتميز به نيماتودا واحدة على الأقل هي *Descoscolex* التي تتميز بوجود سلسلة من الأشواك أو الزوائد الطويلة تبرز من صفوف حلقات الجسم. وتسمح هذه الزوائد، بالإضافة إلى موجة انقباضات تبدأ من مؤخرة جسم النيماتودا، بالتحرك حركة تشبه "المشي" ، وهي حركة تشابه حركة يرقات بعض الحشرات.

٤- التحليق أو القفز Looping or Leaping

الحركة عن طريق التحليق تعرف به نيماتودا *Chaetosoma* التي تتميز بوجود عدد قليل من الزوائد المجوفة تقع في الطرف الأمامي للجسم، بالإضافة إلى صفين من هذه الزوائد تقع بالجهة البطنية بالقرب من مؤخرة الجسم. وبواسطة هذه الزوائد التي تفرز مواد لاصقة تستطيع النيماتودا تثبيت نفسها على الأعشاب البحرية. وتتم الحركة بواسطة تبادل اتصال وانفصال الذيل والرأس.

أما الحركة عن طريق القفز فقد لوحظت لدى يرقات نيماتودا *Neoaplactana carpocapi*، التي تتحرك عادة بتكوين نوع من جسور الانتقال Bridging بين السطوح البارزة، وعندما لا تستطيع تكوين جسر انتقال فإن اليرقة تشكل حلقة ومن ثم "تقفز".

وتجدر الإشارة هنا إلى أن هناك عدة أنواع خاصة من الحركة غير الانتقالية، كحركة الرأس للبحث عن الغذاء (البكتيري)، والتعلق بالسطح، والتجمع في المزارع البيئية، وحركة الاستجابة للمؤثرات الخارجية، والحركة داخل البيضة استعداداً للفقس.

كما أن حركة نيماتودا النبات في التربة تتأثر بكثير من العوامل، لعل من أهمها نوع التربة، ودرجة الرطوبة، وكمية الأكسجين، ودرجة الحرارة، وبعض العوامل

الأخرى، كسمك الغلاف المائي المحيط بالنيماتودا، وجسم النيماتودا، والمسافات بين حبيبات التربة.

الانسلاخ Molting

تمر دورة حياة النيماتودا بأربعة أطوار يرقية متتالية، يعقب كل طور عملية انسلاخ إلى أن تصل إلى الطور البالغ. والانسلاخ في أبسط صوره عبارة عن تكوين طبقة جديدة من الكيوتيكل والتخلص من بقايا الكيوتيكل القديم.

وتتم عملية الانسلاخ (الشكل رقم ٢٥) على ثلاث مراحل رئيسة متتالية:

١- مرحلة الانفصال Apolysis

وفيها يتم انفصال طبقة الكيوتيكل (القديمة) عن طبقة الهيبودرمس (الشكل ٢٥ب)، وتعتبر هذه المرحلة بداية الطور الجديد، وإن لم تكتمل عملية الانسلاخ بعد.

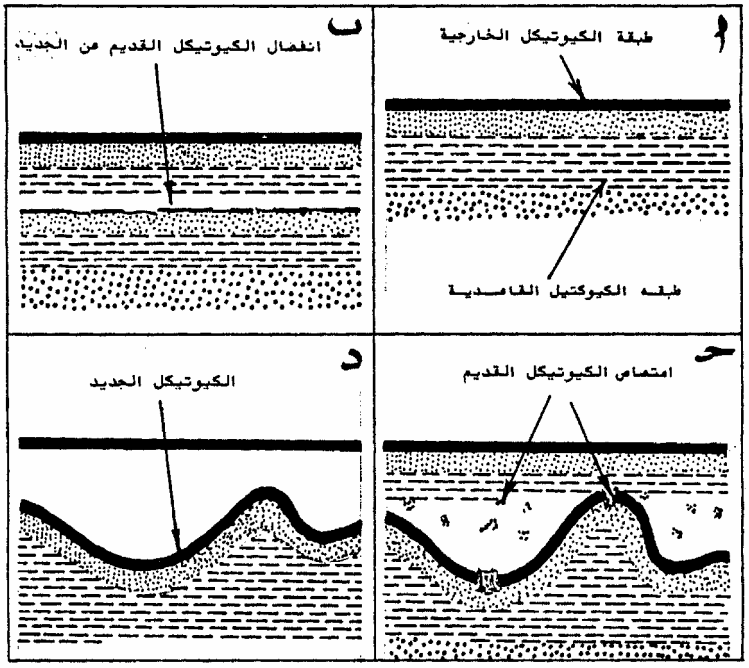
٢- مرحلة تكوين الكيوتيكل الجديد Cuticle Formation

وتقوم بهذه الوظيفة طبقة الهيبودرمس، حيث تدخل هذه الطبقة في تغيرات تركيبية وفسيولوجية خلال هذه المرحلة. ويبدأ تكوين الكيوتيكل الجديد – تحت القديم – الذي يتميز بانثناءاته المتعددة ليسمح بنمو الطور الجديد بعد الانسلاخ. ويلاحظ في هذه المرحلة ازدياد مسافة الانفصال (الشكل ٢٥جـ) المتكونة في المرحلة السابقة، والتي تحتوي الآن على حبيبات يعتقد أنها نواتج تحلل الطبقتين الفرعيتين الداخليتين للكيوتيكل القديم (طبقتي القشرة الداخلية والألياف). ويتم إعادة امتصاص هذه النواتج وتدخل في تركيب الكيوتيكل الجديد

في بعض الأنواع التي تمتلك طبقة هيبودرمس ضعيفة التطور فإن طبقة الخلايا العضلية هي المسؤولة عن تكوين الكيوتيكل الجديد.

٣- مرحلة اكتمال الانسلاخ Eedysis

ويتم في هذه المرحلة اكتمال عملية الانسلاخ، وذلك بالتخلص من طبقة القشرة الخارجية للكيوتيكل القديم، وهي الجزء المتبقي بعد تكوين الكيوتيكل الجديد، وبعدها يستمر ازدياد سمك الكيوتيكل الجديد (الشكل ٢٥ د).



الشكل رقم (٢٥). مراحل الانسلاخ في **نيماتودا تعقد الجذور** ***Meloidogyne javanica***

(أ) كيوتيكل اليرقة قبل عملية الانسلاخ.

(ب) انفصال الكيوتيكل القديم عن الجديد في **بداية الانسلاخ.**

(جـ) امتصاص الطبقات الداخلية للكيوتيكل القديم، ويظهر الكيوتيكل الجديد ذا انثناءات.

(د) اكتمال عملية الانسلاخ، ويلاحظ أن طبقة القشرة الخارجية للقديم لا تزال بافية.

(بتصرف عن Bird, 1971).

وبالرغم من أن ميكانيكية عملية الانسلاخ في النيماتودا غير معروفة على وجه الدقة، إلا أنه لا شك في أن الهرمونات تلعب دوراً أساسيًّا في هذه العملية المعقدة. وفي الواقع لا يزال هناك جدل حول علاقة الانسلاخ بنمو جسم النيماتودا. ففي حين يعتقد البعض أن عملية الانسلاخ ضرورية لإفساح مجال أوسع لنمو النيماتودا في كثير من الأنواع، فإن البعض الآخر يعتقد أنه لا يوجد أي ارتباط بين عملية الانسلاخ ونمو النيماتودا. فعلى سبيل المثال وجد أن حجم النيماتودا الكلوية *Rotylenchus reniformis* ينقص بمقدار ١٧٪ خلال عملية التطور من الطور اليرقي الثاني إلى طور الإناث غير الناضجة، وبمقدار ١٩٪ خلال التطور إلى ذكور. وهذا ما جعل أحد العلماء يذهب إلى أن عملية الانسلاخ تنحصر مهمتها، ببساطة، في توفير فرصة لاستبدال وتحوير الكيوتيكل القديم، وكطريقة للتخلص من كميات النيتروجين الزائدة، أو حتى اعتبار أن عملية الانسلاخ هي نوع من بواقي عملية النشوء والتطور التي مرت بها النيماتودا. كما يعتقد البعض أن تلك العملية – وخاصة في النيماتودا الطفيلية – ضرورية لكي تسمح بتخصص وتأقلم كل طور ليقوم بوظيفة معينة. فمثلاً في نيماتودا تعقد الجذور نجد أن الطور اليرقي الثاني قادر على الإصابة والتغذية، بينما تختفي هذه المقدرة عند الطور اليرقي الثالث، وكذلك الرابع، لتعود مقدرة التغذية عند الإناث الكاملة.

بقي أن نشير هنا إلى أن عملية الانسلاخ لا تقتصر على الكيوتيكل المحيط بالجسم، وإنما تشمل كذلك الكيوتيكل المبطن لقنوات المريء والمستقيم والفتحات الطبيعية لأعضاء الحس والجهاز الإخراجي والتناسلي.

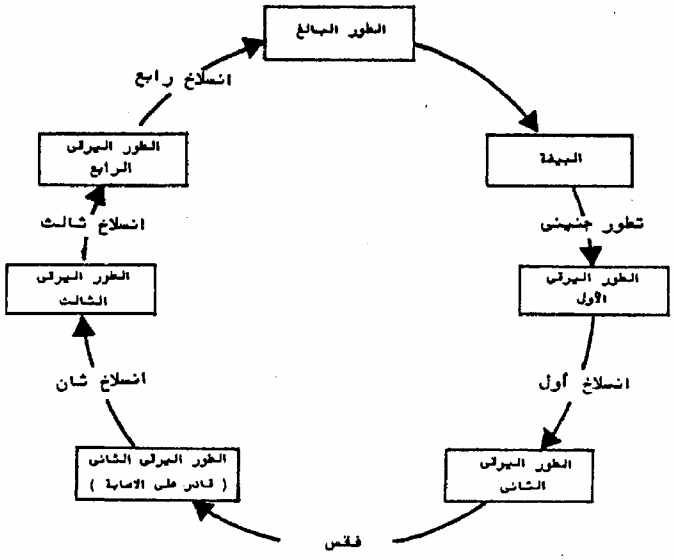
الفقس Hatching

يفقس البيض في نيماتودا النبات بعد تطور الجنين داخل البيضة إلى الطور اليرقي الثاني (ما عدا حالات نادرة جداً) عند توافر الظروف البيئية الملائمة كالحرارة والرطوبة. ومع ذلك فالفقس في نيماتودا الحوصلات Cyst Nematodes لا يتم إلا عند توافر منبه خاص يسمى عامل الفقس Hatching Factor ، وهو مادة كيميائية تفرزها جذور العائل المناسب لتنبه اليرقة داخل البيضة لتقوم بعملية الفقس. فقد وجد مثلاً أن معدل الفقس في نيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera rostochiensis* ازداد من ٢ر٠٪ في الماء إلى حوالي ٣٠٪ عند إضافة نقط من إفرازات جذور عائلها البطاطس. وبالرغم من أن هذه المادة الموجودة في جذور البطاطس لم يعرف تركيبها بعد ، إلا أنه أمكن استخلاص مادة عامل الفقس لنيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycines* من جذور الفاصوليا ، وهو أحد العوائل القليلة المناسبة لهذه النيماتودا ، وأعطيت هذه المادة اسم Glycinoeclepin. وبالرغم من أن منبهات الفقس تتباين في النيماتودا المختلفة ، إلا أنه يعتقد أن ميكانيكية الفقس تتشابه في جميع الأنواع.

وتتلخص ميكانيكية الفقس بازدياد نفاذية قشرة البيضة مصحوباً بزيادة المحتوى المائي لليرقة ، وبالتالي زيادة نشاطها وإفراز إنزيمات الفقس. ثم تقوم اليرقة بحركات ضاغطة سريعة تمزق بها الطبقة الدهنية الداخلية للقشرة ، ثم بعد ذلك تعمل شقًّا في قشرة البيضة بواسطة دفع الرمح في حركات ترددية سريعة وفي نقاط متجاورة. وتختار اليرقة في بعض الأنواع موقعاً خاصاً لعمل الشق يقع عادة عند أحد طرفي البيضة. بعد ذلك تدفع اليرقة نفسها خلال هذا الشق لتخرج إلى الخارج وهي مهيأة تماماً للبحث عن العائل والتغذية.

النموذج العام لدورة الحياة Basic Pattern of Life – Cycle

تتكـون دورة الحيـاة في جميـع أنـواع النيمـاتودا مـن سـتة أطـوار: البيضـة (أو الجنين)، وأربعة أطوار يرقية Juveniles، ثم الطـور البـالغ (الشـكل رقـم ٢٦). ويتخلـل دورة الحياة أربعة انسلاخات – كما ذكرنا سابقاً – انسلاخ واحـد يلـي كـل طـور يرقـي حتى البلوغ.



الشكل رقم (٢٦). نموذج عام لدورة حياة النيماتودا. تتكون دورة الحياة مـن سـتة أطـوار: البيضـة (الجنين)، وأربعة أطوار يرقية يتخللها أربعة انسلاخات، ثم الطور البالغ.

ويمكن تلخيص دورة الحياة في نيماتودا النبات على النحو التالي: يتطـور الجـنين داخل البيضة خلال عملية التطور الجنيني إلى الطور اليرقي الأول ذي الشكل الـدودي. بعـد ذلـك يحـدث الانسـلاخ الأول لهـذا الطـور داخـل البيضـة، ويتكـون بـذلك الطـور

اليرقي الثاني. تفقس البيضة ويخرج الطور اليرقي الثاني، وهو طور قادر على الإصابة، يتحرك بنشاط في التربة باحثاً عن عائله النباتي. وأثناء التغذية (داخليًّا أو خارجيًّا) على أنسجة النبات يزداد حجمه، وبعد فترة معينة يحدث له الانسلاخ الثاني ثم الثالث، وبذلك يتكون الطور اليرقي الثالث ثم الرابع على التوالي. وفي النهاية يدخل الطور اليرقي الرابع في عملية انسلاخ رابعة ليتكون الطور البالغ ذكراً أو أنثى. ويعتمد طول دورة الحياة (من البيض إلى البيض) على عدة عوامل، لعل من أهمها الحرارة والرطوبة ونوع النيماتودا، حيث يزداد طول الدورة في المناطق أو الظروف الباردة وكذلك في الفصول الجافة. يبلغ متوسط دورة الحياة في نيماتودا البراعم والأوراق *Aphelenchoides* spp. مثلاً حوالي ١٤ يوماً، بينما يكون المتوسط ٥٠ يوماً في نيماتودا الموالح.

تتشابه اليرقات مورفولوجيًّا في أطوارها المختلفة، إلا أنها عادة تزداد حجماً مع التطور، فالطور اللاحق أكبر حجماً من السابق. ويمكن التمييز بين هذه الأطوار المتتالية، وذلك بحسب درجة تطور الجهاز التناسلي، الذي يزداد تطوراً إلى أن يكتمل تماماً في الطور البالغ الناضج. ويمكن بسهولة تمييز الأطوار البالغة عن جميع الأطوار اليرقية، وذلك بملاحظة الصفات الجنسية الأولية، كالفتحة التناسلية في الأنثى، وأعضاء السفاد في الذكر.

تُنتج معظم أنواع نيماتودا النبات عدداً متساوياً تقريباً من الذكور والإناث، وعادة ما تتكاثر مثل هذه الأنواع بطريقة الإخصاب الخلطي. إلا أن هناك بعض الأنواع التي تكون فيها الذكور نادرة أو غير موجودة، ولذلك تتكاثر بطريقة التكاثر البكري. وتعمد نيماتودا تعقد الجذور في الظروف البيئية غير المناسبة (كنقص الغذاء والتزاحم الشديد) إلى تقليل عدد الإناث المنتجة وزيادة عدد الذكور، بطريقة عملية عكس

الجنس Sex Reversal ، وذلك كطريقة لحفظ النوع، نظراً لأن ذكورها لا تلعب أي دور في عملية التطفل والتغذية.

طرق التكاثر Mode of Reproduction

١- الإخصاب الخلطي Amphimixes

يتم هذا النوع من الإخصاب في معظم نيماتودا النبات التي تتميز بوجود عدد متساوٍ تقريباً من الذكور والإناث. وفي هذه الحالة لابد من عملية السفاد بين الجنسين لإخصاب البيض بحيوانات الذكر المنوية. غالباً لا يلعب الذكر دوراً في عملية التطفل وإحداث ضرر للنبات، وإنما يقتصر دوره على عملية الإخصاب، وعادة ما تموت الذكور بعد أداء هذه المهمة.

٢-التكاثر البكري Parthenogenesis

تستغني الإناث في هذه الحالة عن الذكور، إذ لا حاجة إلى الحيوانات المنوية لإخصاب البيض ومن ثم تطوره إلى جنين. والتكاثر البكري إما أن يكون لضرورة تلجأ إليه الأنثى عند قلة عدد الذكور، كما في بعض أنواع نيماتودا تعقد الجذور ونيماتودا الحوصلات، أو يكون إجباريًّا لانعدام الذكور تماماً، كما هي الحالة في نيماتودا التقرح من نوع *Pratylenchus scribneri*.

٣- الإخصاب الذاتي Self-Fertilization

يحدث هذا النوع من الإخصاب في حالة النيماتودا الخنثى Hermaphroditic Nematodes، حيث تقوم الغدد الجنسية في النيماتودا بإنتاج الحيوانات

المنوية أولاً وتخزينها، ومن ثم إنتاج البويضات عن طريق الغدد الجنسية نفسها، ليتم بعد ذلك إخصاب البويضات. هذا وقد يظهر على الأنثى الخنثى مظهر الجنسين معاً. ومن أمثلة هذا النوع من الإخصاب تكاثر بعض أنواع النيماتودا الحلزونية مثل نوع *Helicotylenchus digonicus*. كما يحدث هذا النوع من الإخصاب أيضاً في كثير من أنواع النيماتودا المترممة.

٤- الإخصاب الكاذب Pseudogamy

وهو نوع نادر من الإخصاب، يعتبره البعض مرحلة وسطية 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 جدًّا لتنشيط البويضة ودفعها على الانقسام إلا أن ليس له أي دور في تطور الجنين والمشاركة بتركيبه الوراثي، إذ لا يحدث أي اندماج بين نواتي الحيوان المنوي والبويضه.

طرق وضع البيض Egg Laying

يتم وضع البيض بعدة طرق، تختلف باختلاف النيماتودا وطبيعة تطفلها. وفي الواقع فالطريقة التي تضع بها الأنثى بيضها تعكس، إلى حدٍّ بعيد، درجة تطور هذه النيماتودا وتخصصها العائلي. وبحسب هذه الدرجة من التطور والتخصص العوائلي يمكن ترتيب هذه الطرق من الأدنى إلى الأعلى درجة وتطوراً على النحو التالي:

١- وضع البيض فرديا في التربة

يكون البيض في هذه الحالة عرضة للتلف أو الافتراس، ومعرضاً للتقلبات الطبيعية في التربة (حرارة، رطوبة، ...). وتعتبر نيماتودا هذه المجموعة أقل تخصصاً في

عوائلها النباتية، كما في النيماتودا ذات التطفل الخارجي على الجذور (النيماتودا الخنجرية مثلاً).

٢- وضع البيض فرديا داخل نسيج العائل

وهي درجة أعلى في المحافظة على البيض. هذا بالإضافة إلى أن اليرقات الحديثة 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 (كيس بيض) خارج نسيج العائل

تعمل المادة الجيلاتينية هنا على المحافظة على البيض من الجفاف والمفترسات، نظراً لأن هذه المادة لا تستسيغها المفترسات، كما في النيماتودا الكلوية *Rotylenchus reniformis*.

٤- وضع البيض في كتل جيلاتينية داخل نسيج العائل

وتكون الحماية هنا أكثر من سابقتها. ونيماتودا هذه المجموعة أكثر تطوراً في تطفلها وعلاقتها بعائلها، كما في نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.

٥- يحتفظ بالبيض داخل الحوصلات

والحوصلة عبارة عن جدار جسم أنثى نيماتودا الحوصلات (*Heterodera, Globodera*) بعد موتها، حيث يتحول الجسم إلى كيس صلب جدًّا يحفظ

البيض بداخله، ويعطيه حماية طويلة قد تمتد إلى عدة سنوات. ولا يتم الفقس وخروج اليرقات من هذه الحوصلة إلا بوجود منبه خاص (عامل الفقس) تفرزه جذور العائل المناسب. وتعتبر نيماتودا هذه المجموعة على درجة عالية من التطور في التطفل والتخصص العوائلي.

٦- وضع البيض في مبايض الأزهار

تضع نيماتودا تئالل حبوب القمح *Anguina tritici* بيضها داخل أغلفة المبايض الزهرية في السنابل. ويفقس البيض إلى الطور اليرقي الثاني الذي يدخل في طور سكون تام في الحبوب المصابة (والتي تتحول إلى عقد بذرية) قد يمتد إلى أكثر من ٤٠ سنة تحت ظروف الجفاف، أو إلى حين الزراعة في الموسم القادم. وتعتبر هذه النيماتودا في أعلى درجات سلم التخصص العوائلي.

التغذية Feeding

تتباين طبيعة التغذية في النيماتودا تبعاً لتباين المصادر الغذائية المختلفة التي تعتمد عليها في الحصول على غذائها. وعلى ذلك يمكن تقسيم النيماتودا حسب طبيعة تغذيتها إلى أربع مجموعات رئيسة:

١- النيماتودا المفترسة Predaceous Nematodes

تضم هذه المجموعة عدداً من الأنواع النيماتودية، وهي إما أن يكون لها رمح كبعض أنواع نيماتودا *Dorylaimus* spp. ونيماتودا *Seinura* spp.، أو يكون لها تجويف فهم مزود بسن كنيماتودا *Monochus* spp. وتعتبر نيماتودا *Mononchus* والأجناس القريبة منها هي الأكثر شيوعاً في هذه المجموعة، حيث تعيش في جميع أنواع التربة والمياه العذبة تقريباً. تلعب نيماتودا هذه المجموعة دوراً مهماً في المحافظة على توازن

البيئة بين أحياء التربة، إذ تفترس كثيراً من الحيوانات الأولية والديدان الدقيقة في التربة، وكذلك أنواعاً أخرى من النيماتودا، أو حتى بيض النيماتودا الأخرى الموجود في التربة. ومازالت هناك محاولات للاستفادة من هذه المجموعة وخاصة نيماتودا *Mononchus* في مكافحة النيماتودا النباتية.

٢- النيماتودا المتطفلة على الإنسان والحيوان Human and Animal Parasites

تضم هذه المجموعة العديد من النيماتودا التي تعيش متطفلة -داخليًّا وخارجيًّا- على أنسجة الإنسان والحيوان. ومن أمثلة هذه المجموعة المتطفلة على الإنسان نيماتودا *Wuchereria bancrofti* المسببة لمرض الفيل في الإنسان، والأسكارس *Ascaris lumbriocoides*، ونيماتودا العين Loa loa، والديدان الشوكية Hook worms. كما تضم هذه المجموعة العديد من طفيليات الحيوانات الفقرية وغير الفقرية المختلفة، كتلك التي تتطفل على الحشرات، وهناك العديد من المحاولات للاستفادة منها في المكافحة الأحيائية للحشرات (أنظر الفصل العاشر).

٣- النيماتودا الميكروبية والمترمة Microbivorous and Saprophagous

تعيش في التربة والمياه العذبة والمالحة، وتعتبر هذه المجموعة من أكبر المجموعات النيماتودية التي تعيش في تلك المياه. تتغذى على الدياتومات والخلايات الطحلبية، وربما يتغذى العديد منها أيضاً على المواد العضوية المتحللة أو الأحياء الدقيقة النامية عليها. وتتشابه ميكانيكية التغذية، إلى حد ما، بين نيماتودا التربة والمياه العذبة وبين نيماتودا المياه المالحة. ولبعض أفراد هذه المجموعة أسنان صغيرة أو رمح، والبعض الآخر ليس له أي منهما، وفي الحالة الأخيرة تتغذى على حبيبات الغذاء الدقيقة. ومن

أمثلة هذه المجموعة نيماتودا *Rhabditis*، *Plectus*، وبعض أنواع *Dorylaimus* وفصيلة Cephalobidae.

٤- النيماتودا النباتية التغذية Phytophagous Nematodes

تتطفل على الكائنات النباتية الحية، ويمكن تقسيمها إلى:

١) المتطفلة على النباتات الدنيا Lower – Plants Parasites

وتشمل أنواعاً معينة من النيماتودا التي تتغذى على الكثير من النباتات الدنيا، ومن أمثلة هذه المجموعة: *Aphelenchoides parietinus* على الأشنات، *Tylenchus devanii* على حشيشة الكبد، بعض أنواع معينة من جنس *Ditylenchus* (تسبب عقداً) على الحزازيات، *Aphelenchoides fragariae* على السرخسيات، الكثير من أنواع *Dorylaimus* على الطحالب، وكذلك *Aphelenchus avenae* على الفطريات.

ب) المتطفلة على النبات Plant-Parasitic Nematodes

وهذه المجموعة هي محور حديثنا في هذا الكتاب، وسوف نتطرق إليها بشيء من التفصيل فيما بعد. وهي بمجموعها تضم أكثر من ٢٠٠ جنساً من الأجناس النيماتودية التي تتطفل إجبارياً على الجذور أو الأجزاء الخضرية لآلاف النباتات. وتختلف طريقة تطفلها فإما أن تكون داخلية أو خارجية أو شبه داخلية التطفل، بعضها ساكن والبعض الآخر متجول.

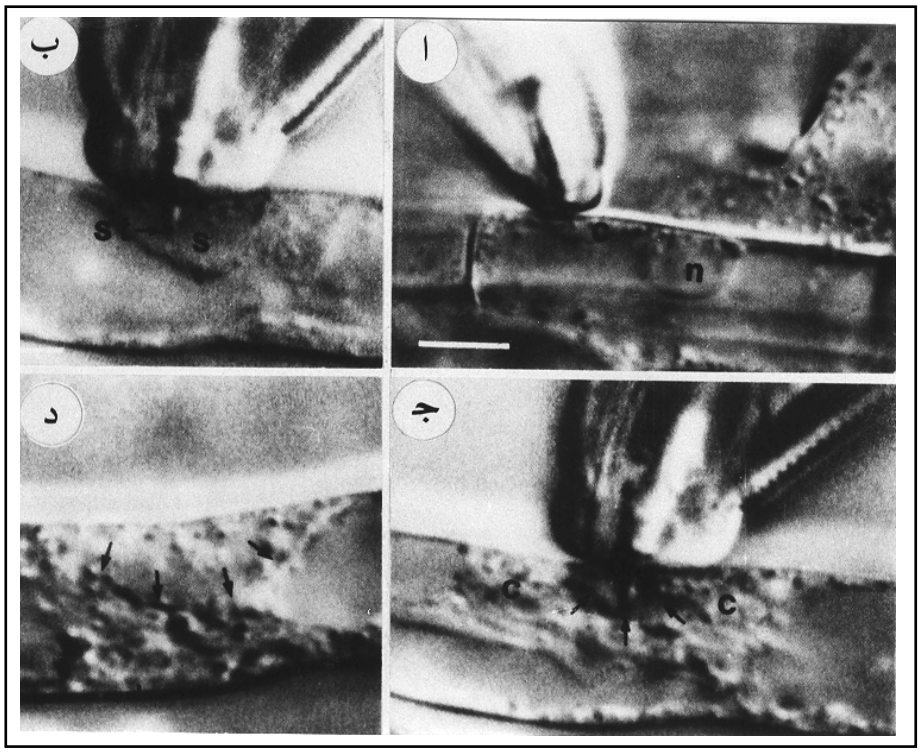
هذا فيما يختص بطبيعة التغذية والتطفل. أما فيما يختص بميكانيكية التغذية نفسها فهي، بدون شك، تعتمد على نوعية الغذاء، وطبيعة التطفل. وبالتالي فهي بالدرجة نفسها من التباين والاختلاف، إلا أن الوسائل متشابهة والهدف واحد.

وبالرغم من الاختلافات في ميكانيكية تغذية نيماتودا النبات والتأثيرات الناتجة عنها، فإنه يمكن تلخيص الميكانيكية العامة لتغذية نيماتودا الجذور التي تتطفل خارجيًّا على البشرة الخارجية بالمراحل التالية (الشكل رقم ٢٧):

● **استكشاف موقع التغذية Exploration of Feeding Site:** يتم هذا الاستكشاف بتحرك النيماتودا حول منطقة التغذية على الجذور، وبتحسس الموقع المناسب بواسطة الشفاه المزودة بعدد من أعضاء الحس. وكل ذلك يتم قبل بروز الرمح واستخدامه. وتختلف المنطقة المناسبة للتغذية باختلاف النيماتودا، فقد تكون بالقرب من المنطقة المرستيمية للجذر، أو خلفها قليلاً، أو في منطقة الاستطالة، أو حتى بالقرب من منطقة اتصال الجذر بالساق.

● **إحداث ثقب في جدار الخلية Perforation of Cell Wall:** بعد اختيار الموقع المناسب للتغذية، تبدأ النيماتودا بلصق الشفاه على سطح جدار الخلية (الشكل رقم ٢٧أ)، بحيث يصبح الرمح عموديًّا على جدار الخلية. وبمساعدة التصاق الشفاه وارتكاز جسم النيماتودا على حبيبات التربة، أو سطح الجذر، تبدأ النيماتودا في عمل ثقب في جدار الخلية بواسطة حركات ترددية سريعة للرمح. توجه بعض أنواع النيماتودا حركة رمحها إلى نقطتين أو ثلاث في موقع التغذية حيث تثقب إحداها. (تستغرق هذه العملية في تغذية نيماتودا تقصف الجذور مثلاً أقل من دقيقة).

● **إفراز العصارات المريئية Salivation:** بعد أن يتم عمل فتحة في جدار الخلية، تسكن النيماتودا لفترة قصيرة، يعتقد أنها لتهيئة النيماتودا لإفراز عصاراتها المريئية. وبمساعدة عضلات المريء تدفع النيماتودا إفرازات غدة المريء الظهرية إلى داخل خلية



الشكل رقم (٢٧). صور من الفيديو لبعض مراحل تغذية نيماتودا التفـزم *Tylenchorhynchus dubius* على خلايا البشرة الخارجية (أ) أو الشعيرات الجذرية (ب – د) لجذور أحد أنـواع النباتات. (أ) التغذية على خلايا البشرة، ويلاحظ تجمع بسيط للسينوبلازم (c) حـول موقع التغذية، كما تلاحظ النواة (n) بالقرب من جدار الخلية. (ب) إفراز العصارات البريئية (s) للنيماتودا حول طرف الرمح (st) داخل الخلية. (جـ) المرحلة بعد مـرور ١١١ ثانية من إفراز عصارات النيماتودا، وبعد ٢٥ ثانية من بداية انقباضات البصلة الوسطى للمريء، لامتصاص الغذاء من الخلية، تحدد الأسهم محيط الإفرازات المتقلصة الآن. (د) المرحلة بعد مرور دقيقتين من مرحلة جـ (أعلاه) وبعد ١١٠ ثـوان مـن سحب الرمح من موقع التغذية، تحدد الأسهم منطقة السينوبلازم المتأثر بالتغذية والذي يستمر بهذا الشكل بعض الوقت بعد التغذية.

(عن Wyss, 1987).

العائل (الشكل رقم ٢٧ب). وتعمل هذه الإفرازات (الإنزيمات) على زيادة سيولة سيتوبلازم الخلية (هضم جزئي خارجي). كما تعمل أيضاً على منع أي مواد لاصقة أو حبيبية من إحداث انسداد لتجويف الرمح. (تعتبر هذه المرحلة أطول المراحل في تغذية نيماتودا تقصف الجذور).

● **امتصاص الغذاء Ingestion of Nutrients:** بعد أن يتم تهيئة سيتوبلازم الخلية للامتصاص تزداد حركة الرمح، ويبدأ المريء بعمل انقباضات سريعة (١٠/ثانية) على شكل موجات متعاقبة ومتجهة إلى الخلف تعمل على امتصاص السيتوبلازم ودفعه إلى الأمعاء (الشكل رقم ٢٧جـ). ويساعد في منع رجوع الغذاء إلى الأمام صمامات المريء وخاصة الصمام المريئي – المعوي (تستغرق هذه المرحلة في نيماتودا تقصف الجذور أقل من ٣٠ ثانية).

● **سحب الرمح والانتقال Stylet Withdrawal and Movement Away:** بعد أن يتم تفريغ محتويات الخلية من السيتوبلازم، تسحب النيماتودا رمحها ليعود إلى مكانه داخل الجسم. وبمجهود كبير تفصل النيماتودا شفاهها من على الجذر، ثم تنتقل إلى موقع تغذية آخر (الشكل رقم ٢٧د). عند مغادرة نيماتودا تقصف الجذور *Trichodorus* spp. موقع التغذية تترك ما يسمى بأنبوبة التغذية Feeding Tube (تتكون من الإفرازات الهضمية المتصلبة) التي كانت تستعملها كأداة امتصاص.

تختلف كثيراً فترة التغذية 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 جدًّا إلى تغيرات فسيولوجية وتشريحية كبيرة.

أما في حالة النيماتودا ذات التغذية الداخلية الساكنة (كنيماتودا تعقد الجذور مثلاً) فاليرقات تخترق الجذر، وذلك بعد العمل على توسيع ثقب في جدار الخلية على

شـكل فتحـة تخـترق مـن خلالهـا Penetration إلى داخـل الجـذر (الشـكل رقـم ٢٨)، ويساعدها في ذلك إفرازات كيميائية تسهل عملية الاختراق.

الشكل رقم (٢٨). اختراق الطور اليرقي الثاني لنيماتودا تعقد الجذور *Meloididogyne incognita* لجذر الطماطم، لاحظ الفتحة الواسعة لدخول اليرقة.

(عن Wergin, 1981).

وبعد أن تسكن في موقع التغذية تبدأ اليرقات في التغذية عن طريق تكوين خلايا عملاقة من أنسجة الجذر، تستمر في التغذية عليها طيلة مدة حياتها.

أما في نيماتودا التقرح مثلاً، وهي نيماتودا داخلية التغذية ولكنها متجولة، فإنها تحدث اختراقاً مستمراً Progressive Penetration داخل الجذر. تتغذى بعد الاختراق

الأولي على خلية معينة، ثم تخترق الخلية المجاورة وتتغذى ثانية وهكذا. وهذا النوع من طبيعة التغذية يسبب ضرراً ميكانيكياً نتيجة للاختراق المستمر للأنسجة وتكوين تقرحات شديدة، بالإضافة إلى الضرر المرضي من جراء التغذية نفسها (شكل ٦٢).