٥- العناية الجيدة بالعائل Good care of the host

يمكن التقليل إلى حدٍّ ما من الأضرار النيماتودية على بعض المحاصيل، وذلك بتوفير ظروف زراعية مثلى لنمو النبات، كالري المنتظم، والتسميد الجيّد، ومكافحة الآفات الأخرى كالأمراض والحشرات والحشائش. تؤدّي العناية الجيّدة بالنبات وتوفير ظروف مثلى لنموه إلى زيادة قدرة تحمل النبات للأضرار، ولكنها غير مفيدة في تقليل تكاثر النيماتودا عليه.

٦- إضافة المواد العضوية إلى التربة Organic matter

تعمل إضافة المواد العضوية إلى التربة على خفض كثافة النيماتودا، وذلك عن طريق تشجيعها لزيادة نمو ونشاط الأعداد الطبيعية للنيماتودا كالفطريات والنيماتودا المفترسة. كما أن إضافة الأسمدة الخضراء ينتج عن تحللها مركبات وسطية كحامض البيوتريك butyric acid الذي يعتبر أكثر سمية لنيماتودا النبات منه للنيماتودا الحرة. كما تعمل الأسمدة العضوية على زيادة قوة ونمو النبات مما يجعله أكثر تحملاً للإصابة بالنيماتودا. ويجب أن نشير هنا إلى أن هذه الطريقة من المكافحة لا تعتبر ذات كفاءة عالية أو اقتصادية، حيث يتطلب الأمر إضافة كميات كبيرة من المواد العضوية.

٧- إزالة أو إبادة النباتات المصابة Removal or destruction ofinfected plants

يؤدي ترك بعض المحاصيل الحولية بعد نهاية الموسم إلى بقاء المجموع الجذري حيًّا عدة أسابيع، وهذه المدة كافية لتطور وتكاثر النيماتودا الموجودة في الجذور مدة جيل أو جلين إضافيين قبل دخول موسم الشتاء البارد. وهذا في الواقع خطأ كبير يقع فيه كثير من المزارعين، إذ يكتفي المزارع عند انتهاء موسم جمع المحصول بإيقاف الري فقط وترك النباتات لتموت مع الوقت. ولذلك فإنه ينصح – فور الانتهاء من جمع

المحصول- بإزالة النباتات، وقلب التربة، وتعريض الجذور إلى الهواء والشمس لتجفيفها، وذلك لخفض كثافة النيماتودا في التربة استعدادًا للموسم القادم.

٨- المكافحة الأحيائية Biological control

تعرَّف المكافحة الأحيائية – اختصاراً – بأنها استخدام كائن حي في مكافحة كائن حي آخر. ولا يقتصر المفهوم الشامل للمكافحة الأحيائية للنيماتودا على استخدام أعدائها الطبيعية، بل يتضمن أيضًا استخدام الأصناف المقاومة، والنباتات الصائدة للنيماتودا trap plants، وكذلك النباتات المضادة لها Antagonistic plants. وأحياناً يعتبر البعض أن الدورة الزراعية ماهي إلا طريقة من طرق المكافحة الأحيائية. وسوف يقتصر استعمالنا في هذا الكتاب لمفهوم المكافحة الأحيائية للنيماتودا على المفهوم التقليدي، وهو استخدام الأعداء الطبيعية للنيمتودا في مكافحتها.

تحتوي التربة على مدى واسع من الأحياء المختلفة، يعتبر بعضها أعداء طبيعية يهاجم النيماتودا بطرق مختلفة. ويحدث في النظام البيئي الطبيعي- بدون شك- كثير من عمليات المكافحة الأحيائية الطبيعية للنيماتودا وبدرجات مختلفة. إلا أن مجهودات العلماء لتقليد والاستفادة من هذه الحالات الطبيعية بتربية هذه الأعداد الطبيعية، وإكثارها، ومن ثم استخدامها في مكافحة النيماتودا في الحقول الزراعية لم تفلح كثيراً، وتواجه العديد من الصعوبات الفنية. لعل من أهم هذه الصعوبات أن معظم هذه الكائنات لا تستطيع التأقلم والتكاثر المستمر عندما تطبق في البيئات الزراعية الجديدة المختلفة عن النظام البيئي الطبيعي. وبالرغم من ذلك فقد جذب مجال المكافحة الأحيائية للنيماتودا- وخاصة باستخدام الفطريات- الكثير من انتباه واهتمام بعض العلماء خاصة في السنوات الأخيرة، التي شهدت الكثير من الأبحاث والمحاولات الجادة

في مكافحة نيماتودا تعقد الجذور والحوصلات باستخدام بعض الفطريات تحت الظروف الحقلية، وجاءت نتائج هذه المحاولات مشجعة إلى حدٍّ كبير.

وتشمل الأعداء الطبيعية للنيماتودا ما يلي:

ا) الفطريات Nematode- destroying fungi

يوجد في التربة العديد من الفطريات المختلفة التي تهاجم النيماتودا وتتغذى عليها بطرق مختلفة. وبالرغم من عدم وجود حدٍّ فاصل وواضح دائماً بين الطرق المختلفة لطبيعة هذه التغذية إلا أنه يمكن – وبصورة عامة- تقسيم هذه الفطريات إلى:

● **فطريات متطفلة Obligate, endo- parasitic fungi :** وهي طفليات إجبارية داخلية توجد في التربة على شكل جراثيم spores ساكنة بصورة أساسية، إذ لا تكوّن غزلاً فطريًّا hyphae خارج جسم النيماتودا. وتتطفل هذه الفطريات على النيماتودا عن طريق التصاق جراثيمها اللزجة على جدار جسم النيماتودا، أو عن طريق ابتلاع النيماتودا لجراثيمها ووصولها إلى القناة الهضمية، ثم تنبت هذه الجراثيم (في كلتا الحالتين)، ثم يخترق الغزل الفطري تجويف الجسم ويبدأ في التغذية . يقتصر تكوين الغزل الفطري داخل جسم النيماتودا، وتنمو الحوامل الجرثومية فقط خارج الجسم حاملة الجراثيم. ومن أمثلة هذه الفطريات الطفيلية بعض الأنواع من أجناس *Harposporium* ، و *Nematophthora* ، و *Myzocytium*، و *Meria* ، و *Catanaria*.

● **فطريات مفترسة predacious fungi** : توجد في التربةعلى شكل غزل فطري، وتصطاد فريستها من النيماتودا بواسطة أعضاء اصطياد خاصة trap organs تتكون على الغزل الفطري، ولذلك تسمى هذه الفطريات بالفطريات القانصة Nematode- trapping fungi . وعند اصطياد الفريسة يخترق الغزل الفطري جسم النيماتودا ويتغذى على جميع محتوياتها.

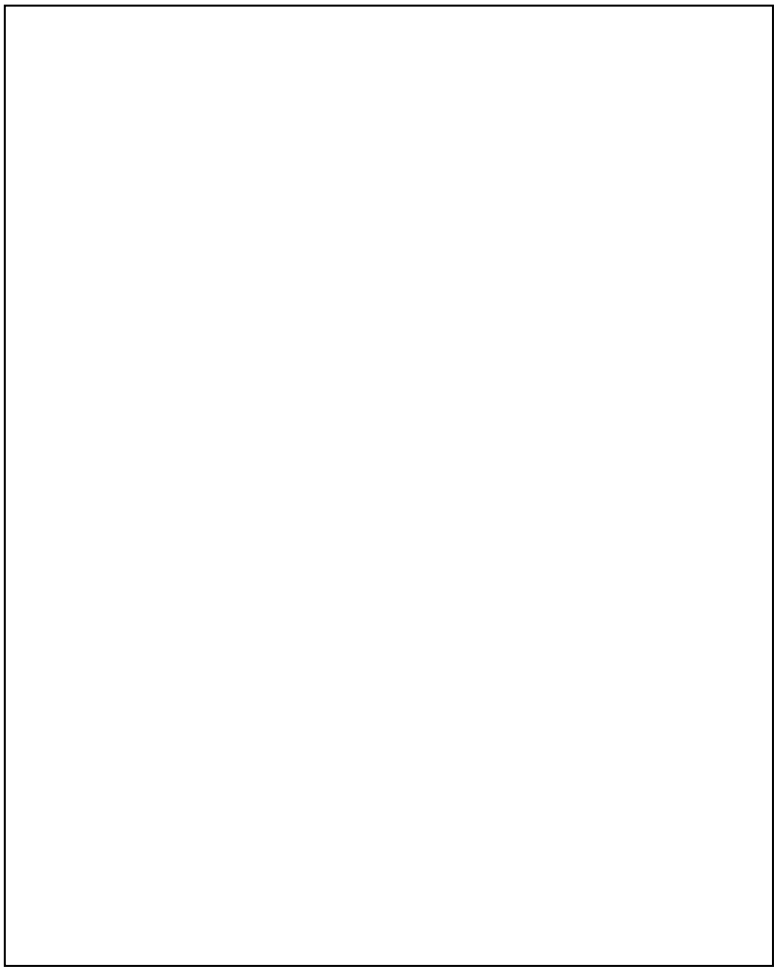
وتختلف أشكال أعضاء الاصطياد (شكل ٩٨) باختلاف الفطر المفترس، ومن أعضاء الاصطياد مايلي:

● **غزل فطري لزج Adhesive hyphae :** ينتج الفطر مواداً لزجة على سطوح الغزل الفطري ليصطاد فريسته من النيماتودا عند أي نقطة من سطح الغزل. وتوجد هذه الطريقة من الاصطياد في الفطريات الزيجوية Zygomycetes ، من طائفة الفطريات الطحلبية phycomycetes ، مثل الفطر *Stylopago hadra* .

● **فروع غزلية لزجة Adhesive branches :** تُصطاد النيماتودا عند التصاقها على أفرع فطرية لزجة تمتد إلى الأعلى من خيوط الغزل الفطري (الشكل رقم ٩٨أ). وهذه الطريقة غير شائعة ولكنها توجد فقط في أنواع قليلة من الفطريات الناقصة *Deuteromycetes* ، مثل فطري*Dactylella cionopage* ، و *D. gephyropaga*.

● **شبكات غزلية لزجة Adhesive nets :** وهذه الطريقة هي الأكثر شيوعًا في اصطياد النيماتودا. يكوّن الفطر شبكات من الغزل الفطري اللزج على شكل حلقات (الشكل رقم ٩٨ب) على الأبعاد الثلاثة لنمو الفطر ، حيث يصطاد النيماتودا عند مرورها من خلال هذه الحلقات الشبكية. وهذا النوع من الاصطياد يوجد في الفطريات الناقصة فقط ، ولكنه الأكثر شيوعاً بين جميع أعضاء الاصطياد ، ومن الأمثلة على ذلك فطر *Arthrobotrys oligospora* وفطر *A. conides* .

● **عقد لزجة Adhesive knobs :** يكوّن الفطر عقداً لزجة إما مباشرة على الغزل الفطري ، أو محمولة على حوامل قصيرة (عادة خليتان) (الشكل رقم ٩٨جـ). وتُصطاد النيماتودا عند مرورها والتصاق هذا العقد على جسمها ، ومن ثم ينمو غزل فطري يخترق جسم النيماتودا . ومن أمثلة الفطريات في هذه المجموعة الفطر *Dactylaria candida* من الفطريات الناقصة ، وأنواع معينة من الجنس *Nematoctonus* من الفطريات البازيدية.

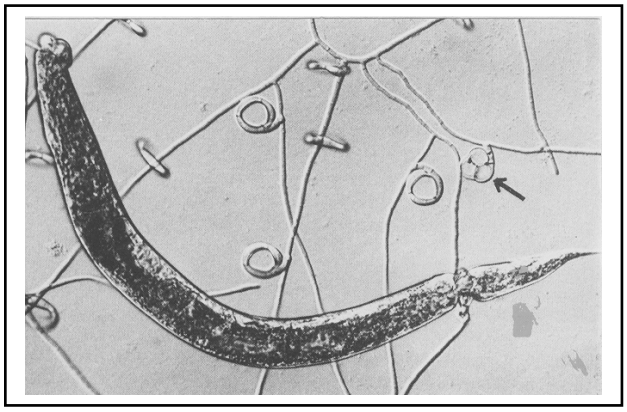


الشكل رقم (٩٨). أعضاء الاصطياد التي تكونها بعض الفطريات المفترسة للنيماتودا. (أ) فروع غزليـة لزجة . (ب) شبكات غزلية لزجة ذات بعدين (إلى اليمين) أو ثلاثة أبعـاد (إلى اليسـار). (جـ) عقد لزجة إما مباشرة على الغزل الفطري (إلى اليمين) أو محمولة علـى حواملـ قصيرة (إلى اليسار) . (د) حلقات غير ضاغطة . (هـ) حلقات ضاغطة.

(عن Barron, 1977)

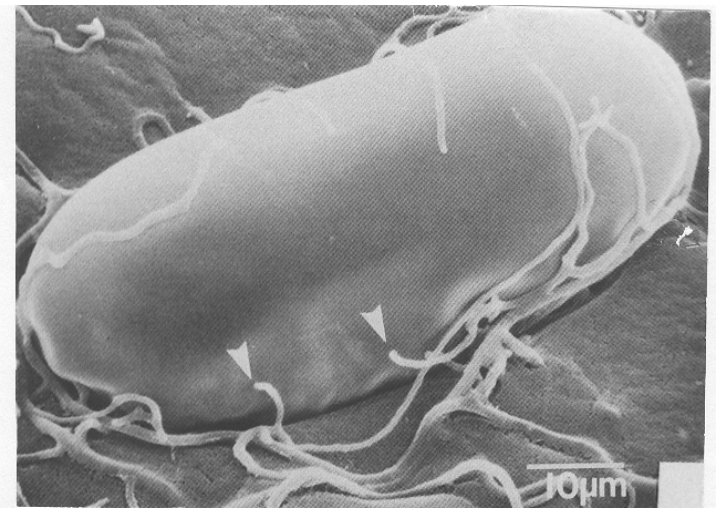
● **حلقات ضاغطة Constricting rings :** يكوِّن الفطر حلقات ضاغطة مكونة من ثلاث خلايا حساسة محمولة على حوامل قصيرة (الشكل رقم ٩٨ هـ) . وعندما تمر النيماتودا من خلال الحلقة وتحتك بخلاياها فإن هذه الخلايا تنتفخ إلى الداخل وتضغط بشدة على النيماتودا بحيث لاتستطيع الإفلات منها (الشكل رقم ٩٩) ، ومن ثم ينمو غزل فطري يخترق جسم النيماتودا . وهذا النوع من أعضاء الاصطياد شائع أيضاً ، ولكنه محصور في الفطريات الناقصة مثل بعض أنواع *Arthrobotrys* spp. ، و *Dactylaria* spp. .

● **حلقات غير ضاغطة Non-constring rings :** هذه الحلقات مكونة من ثلاث خلايا ولكنها غير ضاغطة (الشكل رقم ٩٨ د) وإنما يتم اصطياد الفريسة عندما تمر من خلال الحلقة التي تقوم بحشر وتثبيت جسم النيماتودا ، ومن ثم ترسل غزلها الفطري إلى داخل جسم النيماتودا . وغالباً ما يصاحب تكوين الحلقات غير الضاغطة تكوين العقد اللزجة أيضاً . يقتصر تكوين هذه الحلقات على الفطريات الناقصة مثل *Dactylaria candida* وكذلك *D. lysipaga* .



الشكل (٩٤) أحد الفطريات المفترسة للنيماتودا وقد اصطاد فريسته بواسطة الحلقات الضاغطة.
(عن Barron, 1977)

● **فطريات مرضة Opportuniststic fungi:** أوضحت الأبحاث الحديثة نسبياً وجود بعض الفطريات في التربة التي تستطيع مهاجمة الأطوار التكاثرية لنيماتودا الحوصلات وتعقد الجذور ، كالإناث والحوصلات والبيض (شكل ١٠٠). ويعتقد أن تأثير هذه الفطريات المرضي على النيماتودا يتم عن طريق خلل إنزيمي في بعض تركيبات الجسم، مثل قشرة البيض وكيوتيكل اليرقات ، وكذلك خلل فسيولوجي ناتج عن تكوين مركبات سامة للنيماتودا . ومن أمثلة هذه الفطريات الفطر *paecilomyces lilacinus* ، والفطر *Verticillium chlamydosporium* اللذان أعطيا نتائج مشجعة في مكافحة نيماتودا تعقد الجذور تحت ظروف البيوت المحمية والحقل. كما أن الفطر الأول له فعالية ضد إناث وحوصلات نيماتودا حوصلات البطاطس. وتتجه معظم الأبحاث الحالية نحو التركيز على مثل هذه الفطريات ، نتيجة لما أثبتته عدد من التجارب من كفاءة عالية نسبياً في مكافحتها لنيماتودا تعقد الجذور والحوصلات .



الشكل رقم (١٠٠). صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح توضح اختراق الفطـر *Paecilomyces lilacinus* لبيضة نيمانودا تعقد الجذور *M*elodogyne *incognita*

(عن Dunn *et. al* 1982)

ب)نيماتودا مفترسة Predaceous nematodes

تهاجم بعض أنواع النيماتودا، وخاصة من الأجناس *Mononchus* ، و *Seinura* ، و*Tripyla* ، و *Diplogaster* ، و *Mononchoides* وكذلك *Dorylaimus* وغيرها، أنواعاً أخرى من النيماتودا بما فيها نيماتودا النبات . بعض هذه الأجناس المفترسة مزود بتجويف فم واسع وسن كبيرة (مثل الجنس *Mononchus*) تقطع بها فريستها، كما أن البعض الآخر مزود برمح ويفرز سموماً عصبية (مثل الجنس Seinura) تشل بها فريستها قبل التغذية عليها . وتعتبر أهمية النيماتودا المفترسة والاستفادة منها عملياً في مكافحة نيماتودا النبات غير واضحة حالياً، ويبدو أنها صعبة وغير اقتصادية.

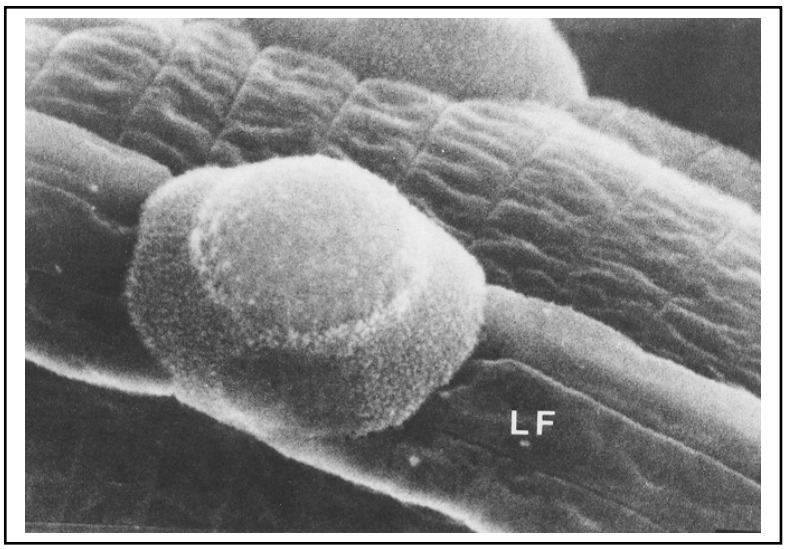
جـ) مفصليات الأرجل المفترسة Predaceous arthropods

وتشمل بعض أنواع الحلم وحشرات الكولومبولا وغيرها من مفصليات الأرجل التي تعيش في التربة . وكما في النيماتودا المفترسة فإن أهميتها غير واضحة ، والاستفادة منها تبدو صعبة وغير عملية.

د) بكتريا Bacteria

شوهد عدد من البكتريا داخل أنسجة بعض أنواع نيماتودا النبات ، ولكن يبدو أن معظمها بكتريا رمية وليست طفيلية ، ولابد من اختبارها – باستعمال فرضيات كوخ – لإثبات قدرتها التطفلية . ويعتبر مجال الأمراض البكترية للنيماتودا مجالاً حديثاً نسبياً بدأ الاهتمام به، خاصة بعد اكتشاف القدرة التخصصية لبكتريا *Pasteuria penetrans* على إصابة بعض أنواع نيماتودا تعقد الجذور ونيماتودا التقرح دون الأنواع الأخرى من نيماتودا النبات . وتعتبر هذه البكتريا طفيلاً إجبارياً ، وهي ذات

سلالات متخصصة. كما أن دورة حياتها تتلاءم وتتوافق كثيراً مع طبيعة تطفل أنواع معينة من نيتامودا النبات . وتوجد البكتريا في التربة على شكل جراثيم تلتصق على طبقة الكيوتيكل للنيماتودا (الشكل رقم١٠١)، ومن ثم تنبت وتخترق جسم النيماتودا لتعطي أجساماً ثالوسية مستديرة ، أو مستعمرات صغيرة ، تنقسم بدورها إلى أخرى ، وهكذا حتى تملأ تجويف الجسم. وهناك عدد من الصعوبات في كيفية الاستفادة من هذه البكتريا ، لعل من أهمها عدم القدرة على زراعتها معملياً (إجبارية التطفل) وبكميات كبيرة للاستعمال الحقلي ، إلا أن الأبحاث مازالت مستمرة لمعرفة الكثير من خصائصها الحيوية والفسيولوجية والبيئية.



الشكل رقم (١٠١). صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح للجرثومة الداخلية لبكتريا *Pasteuria penetrans* ملتصقة بالقرب من الحفل الجانبي (*LF*) ليرقة نيماتودا تعقد الجـذور *Meloidogyue incognita*.

(عن Sayre *et al* ., 1988)