

1. トマト

7. ネモグリセンチュウ類

(1) バナナネモグリセンチュウ (*Radopholus similis*、以下「Rs」という。)

(2) カンキツネモグリセンチュウ (*Radopholus citrophilus*、以下「Rc」という。)

- ※ ネモグリセンチュウ類は調査方法が似ているため、ここではバナナネモグリセンチュウとカンキツネモグリセンチュウをまとめて記述する。

※ 本線虫をバナナネモグリセンチュウの1レース (*R. similis citrus* race) とするのが現在の主流であるが本稿では便宜上別種として扱う。

ア 調査

【調査対象植物】

1) Rs：トマト、サトイモ及びショウガ

2) Rc：トマト及びカンキツ類

(上記調査対象植物での調査が困難な場合は、オクラ、トウモロコシ、ナス、バレイショ、チャ、ラッカセイでも調査可能。また、サトイモ科(アンズリュウム属、エピプレムヌム・アウレウム、フィロデンドロン属等)、クズウコン科(カラテア属、クズウコン属)などの観葉植物でも調査可能。)

【調査時期】

調査は、対象植物の生育期間中に年1回以上実施する。

なお、栽培期間中の実施が困難な場合は、栽培終了後の植物体が残っている時期(栽培終了直後)に実施してもよい。

【調査方法及び調査内容】

1) 調査は、上記の調査対象植物の中から選定した上で、調査地点を設定する。

なお、調査地点は各都道府県内で偏りが生じないように留意する。

2) 設定した調査地点あたり10株を対象に、被害写真を参考にしつつ、葉の黄化や倒伏などの普段見慣れない症状がないか目視で調査する。

3) 異常株があった場合は、異常を示す株の抜き取り又は周囲を掘り返して、根茎のようすを確認する。なお、基本的に植物の生育期間中株の抜き取りを行うこととするが、生育期間中の抜き取り等が難しい場合には、栽培終了直後の抜き取りでも確認可能である。根系に赤紅色の条斑、褐色ないし黒色の変色及び陥没、縦列孔などの病徴を確認した場合は、追加調査のために、すぐに根圏土壌および症状を示した根及びその周辺部を採取し、持ち帰る。また、アンズリュウム属植物では茎・葉等の地上部への寄生も報告されていることから、植物体及び根圏土壌全体をそのまま採取することも可能。

なお、採取した試料はポリエチレン袋に収納し、日射を避けて段ボール箱あるいはクーラーボックスに保存して調査地点を回る。

採取した試料は、試料の確認に必要な事項(採取月日、採取場所、写真

等)を記録した試料採取票(別記様式)を添付した上で、ビニール袋に入れ、輸送するまでクーラーボックス等(10℃)もしくは冷暗条件で保管する。採取後はなるべく1週間以内に分離作業を行う。

試料の採取部位、病徴及び採取票に記録した内容等は、調査野帳に記録する。

(参考)

- ・カンキツなど大型の地植えの植物：

根張りの多い地下10～20cmの部分から根を採取し、根張りの悪い植物は40～50cmのかなり深部の根を採取する。

- ・小型の植物：

株全体を掘り取り、根の全量またはその一部を採取する。

- ・鉢植え植物：

植木鉢から根を土壌またはミズゴケごと抜き取り、変色・壊疽などの異常部分をなるべく多く含むよう根の一部を採取する。

【調査に当たっての留意事項】

- 1) 本種が寄生した植物は次第に根系が浅くなり、干ばつや風による倒伏が多く起きる。また、葉の黄化がみられる。しかし病原菌類によっても同様の症状を示すことがあるため、発生の状況が平時と同じ場合は積極的に試料を採取する必要はない。一方、通常の栽培環境下で平時よりも症状の出方が異常である場合には、*Radopholus* 属ネモグリセンチュウの寄生を疑い、試料採取、生物顕微鏡による形態観察を実施する。

なお、調査終了後、使用した道具類や靴、服等についた土等はできる限り落とし、別の調査地点へ土等を持ちこまないよう注意する。

- 2) 発見のポイント

主な症状は以下のとおり。

- ・地上部：葉の変色・黄化・萎凋、小形化、異常落葉、小枝の枯れ込み、果実の小形化、植物体の矮化、早期の樹勢低下、根元から引き抜かれたような倒伏
- ・地下部：根系の皮層部に褐変・壊死条斑、根系の減少、塊茎・根茎等栄養器官内部の腐敗・変色、表層の病斑・変色

また、作物ごとに以下の症状が知られている。

- ア) トマト：地上部の被害に関する情報はないが、接種試験による根茎の被害(図1)から、地上部の被害は葉の変色・黄化・萎凋、小形化、異常落葉、小枝の枯れ込み、果実の小形化、植物体の矮化、早期

の樹勢低下、根元から引き抜かれたような倒伏に準じるものと考えられる。

イ) サトイモ: 地上部の被害に関する情報はないが Murukesan et al. (2005) によると同じサトイモ科の giant swamp taro では地上部に被害は見られないとの報告がある。したがって、サトイモも顕著な被害は示さない可能性があるが、生育の悪い株を中心に調査するとよいと考えられる。根茎の被害は根系の皮層部に褐変・壊死条斑、根系の減少、塊茎・根茎等栄養器官内部の腐敗・変色、表層の病斑・変色が見られる (図 2、3)。

ウ) ショウガ: 発育不良、活力低下および分げつが起こり、最上葉において葉端に焼け症状をとともなう退緑が起こる。また、寄生されていない植物よりも早熟し乾燥する傾向がある。寄生初期の根茎は、小さな浅く窪んだ水浸状の病斑が見られる。センチュウが細胞間を移動するため根茎内部に病変が拡大する。

エ) アンスリウム: 根腐れと倒伏が典型的な症状。本種によって引き起こされる根腐れ症状は褐変または黒褐変から黒変で、比較的ゆっくりと進行する。初期は古い根から寄生し根腐れを起こすが、新たな根が生育するため、植物体はしばしば良好に生育を続ける。しかし健全な植物と比較すると、罹病した植物の機能する根の量は大きく減少する。時間とともに、新たな根の発生は少なくなり、徐々に進行する根系の崩壊は、2～4年目に倒伏を起こす。葉は黄化し、他の養分欠乏症を引き起こす。植物体は矮化し、発育の低下、着花が減少し、花が小さくなる (図 5)。

オ) カンキツ: 本種の活動は砂質土壤中で助長され、根は、センチュウの摂食による細根の減少、根の空洞化により大きな被害を受ける。地上部の被害には、やけ症状・黄化、発育障害・矮化、枝枯れ、葉・果実の小型化、樹冠の葉の減少が見られる。このようなカンキツの症状は拡大性衰弱病 Spreading decline Disease と呼ばれ、カンキツ園内で樹勢低下、樹冠の葉の減少、葉や果実の小型化を示し始めた数本から被害が周辺へ拡大する。本種の地上部の被害の進行は土壤水分が低くなる時期 (フロリダでは冬季から春季) に急速に進む (図 4)。

イ 同定診断手法

1) 形態観察

分離した虫体は生物顕微鏡下で観察する。当該センチュウの同定は主に雌成虫及び雄成虫で行う。(プレパラートの作成方法は参考情報の 2 を参照)

Rs と Rc の形態的な差は無い。また、現時点では分子生物学的手法による両種

の識別も不可能である。Rcはカンキツ類に寄生するが、Rsはカンキツ類に寄生しない。以下に本2種と他のセンチュウ類との形態的な識別法を記す。

・形態的特徴（簡易）

同じくネモグリセンチュウと称される *Hirschmanniella* 属とは、体長、食道（厳密には食道腺葉）と腸が重なる位置、および雌雄間における形態的特徴の差により識別可。体長については、*Hirschmanniella* 属の成虫が1 mm 以上となるのに対して *Radopholus* 属の成虫では0.7mm 程度にとどまる。そのため *Radopholus* 属は一見同科（Pratylenchidae）のネグサレセンチュウ類（*Pratylenchus* 属）のように見えるが、*Radopholus* 属の尾端部には特徴的な先細りが見られる。*Hirschmanniella* 属及び *Pratylenchus* 属は食道と腸が腹部側で重なり、*Radopholus* 属は食道（B-g）と腸（B-f）は背部側で重なる。雄では雌に比して唇部が顕著に発達する（E）。

・形態的特徴（詳細）

①雌成虫

- 1) 体長は0.5～0.9mmで、糸状である（A）。
- 2) 唇部骨格（頭部骨格）は発達し（E-g）、唇部は低い（B-a, E-a）。
- 3) 口針長（B-b, E-c）は16～20 μm （平均17～18 μm 程）で、口針節球は丸～横長である（B, E-e）。
- 4) 食道の後端は、背側で腸と重なる（B-g）。
- 5) 陰門から前後に一对の生殖器官が伸びる（A-c, C）。V値は通常52-61%。
受精のうは2個で、受精雌はひも状の精子を持つ※1（C, F）。
- 6) 尾は円錐形で（D）、尾長（D-e）は50～100 μm （多くは60～80 μm ）である。
- 7) 尾端透明部（D-d）は3.6～23.0 μm （平均6～10 μm ）である。
- 8) 幻器は尾の前部に位置する（D-c）。
- 9) 側線（側帯溝）は4本（D-b, J）。側帯の中央の帯は顕著に幅が狭くならない（J）。
- 10) a値=17-36, b値=4.7-9.3, b' 値= 3.2-5.2, c値=6.8-13, c' 値=2.4-6.3※2

②雄成虫

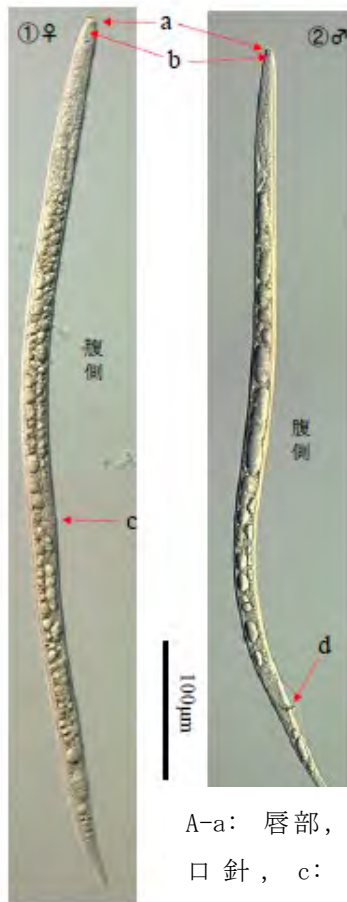
- 1) 体長は0.5～0.7 mmで、糸状である（A）。
- 2) 唇部は高く突き出し、ドアのノブ状であり、明瞭なくびれがある（E-b, G-a）。唇部骨格は発達しない（E-b, G-a）。
- 3) 口針は細く、口針節球は微小で、長さは10.2～17 μm （平均11～13） μm である（E-d, G-b）。中部食道球や食道腺は退化して不明瞭である（G-c, e）。

- 4) 側線（側帯溝）は4本（D-b, J）。
- 5) 尾長は52.0～86.3 μm （平均70～80） μm で（If）、尾端透明部長は2.5～13.5 μm である（I-e）。
- 6) 交接刺は長さ15.3～24 μm で、先端は鋭く尖る（I-b, K-a）。交接のう（尾翼）（I-a, I-③）及び副刺（I-d, K-b）がある。
- 7) 精巣内の精子はひも状※1（H）。
- 8) a値=25.3-48.6, b値=5.5-10.3, b' 値= 3.7-6.8, c値=7.2-10.8, c' 値=3.9-8.5※2

※1. 見慣れない場合、粒子状に見えるので要注意。

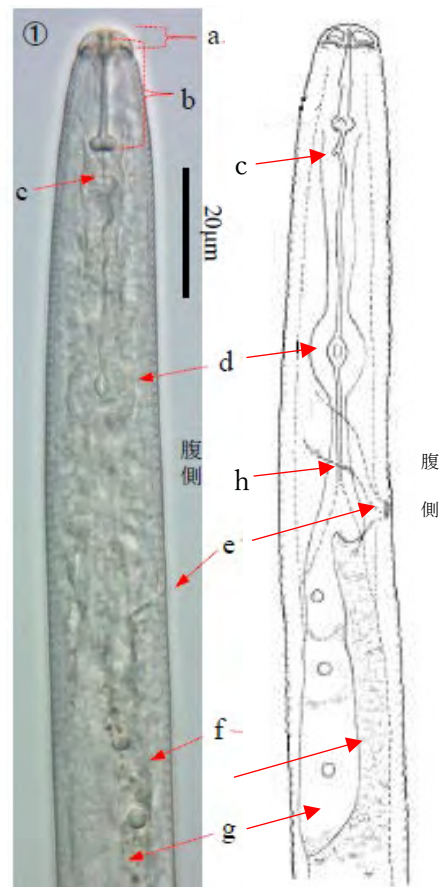
※2. a値：体長÷最大体幅、b値：体長÷食道長（頭端から食道と腸の接合部分（図B-h）までの長さ）、b' 値：体長÷頭端から食道延長部分の端までの長さ、c値：体長÷尾長（肛門又は総排出腔から尾端までの長さ）、c' 値：尾長÷肛門又は総排出腔部分の体幅

A. 成虫全体（左：雌成虫、右：雄成虫）



A-a: 唇部, b: 口針, c: 陰門, d: 総排出腔

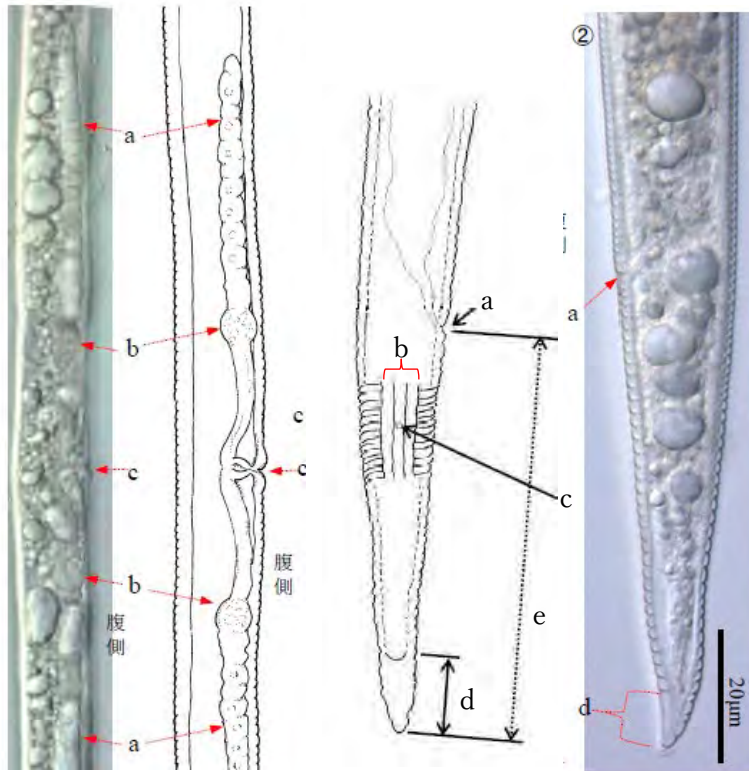
B. 雌成虫体前部



B-a: 唇部, b: 口針, c: 背部食道腺開口部, d: 中部食道球, e: 排泄口, f: 腸, g: 食道腺, h: 食道と腸の接合部分

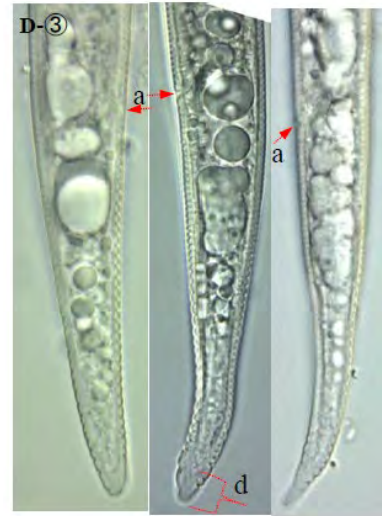
C. 雌成虫生殖器

D. 雌成虫尾部

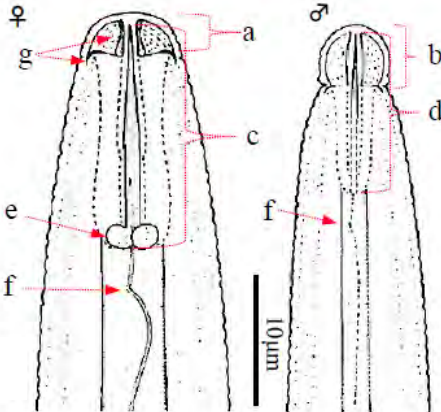


C-a: 卵巣, b: 受精のう, c: 陰門

D-a: 肛門, b: 側線, c: 幻器, d: 尾端透明部, e: 尾 (長)

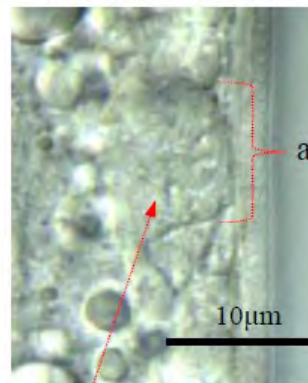


E. 雌雄成虫頭部



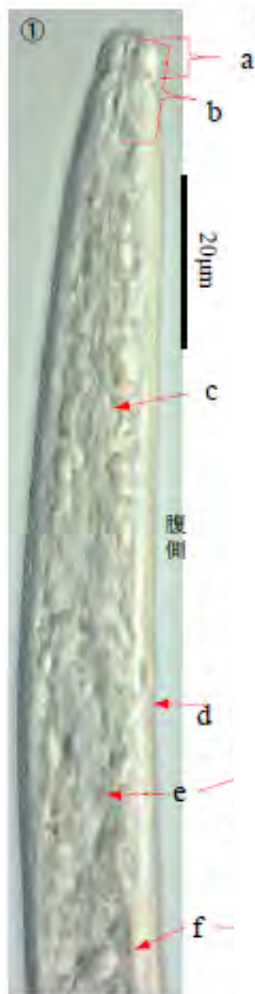
E-a, b: 唇部, c, d: 口針, e: 口針節球, f: 背部食道腺開口部, g: 唇部骨格

F. 受精のう (♀)



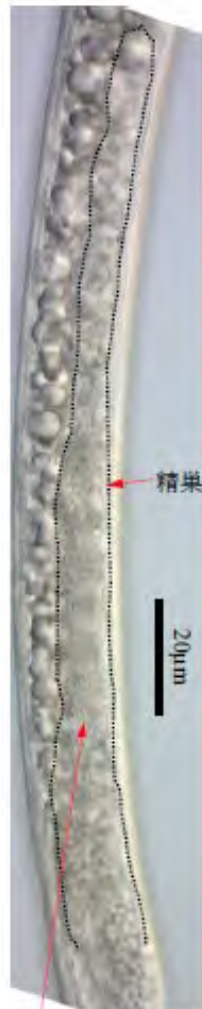
F-a: 受精のう
※ひも状の精子を保持する

G. 雄成虫体前部



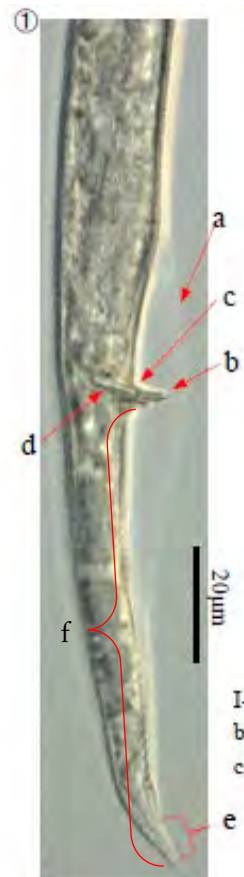
G-a: 唇部, b: 口針, c: 中部食道球, d: 排泄口, e: 食道腺, f: 腸

H. 精巢 (♂)



※精巣内の精子はひも状

I. 雄成虫尾部



I-a: 交接のう(尾翼),
b: 交接刺,
c: 総排出腔

I-d: 副刺(導体),
e: 尾端透明部
f: 尾(長)

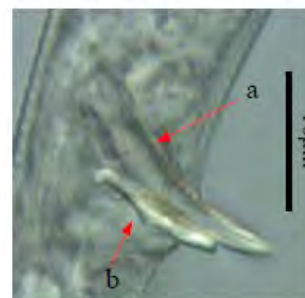


※交接のうは長く伸長するが、後方は幅が狭く、分かりづらい。

J. 側線 (♀)



K. 交接刺及び副刺 (♂)



図K-a: 交接刺, b: 副刺

(図A—K: 植物防疫所原図)

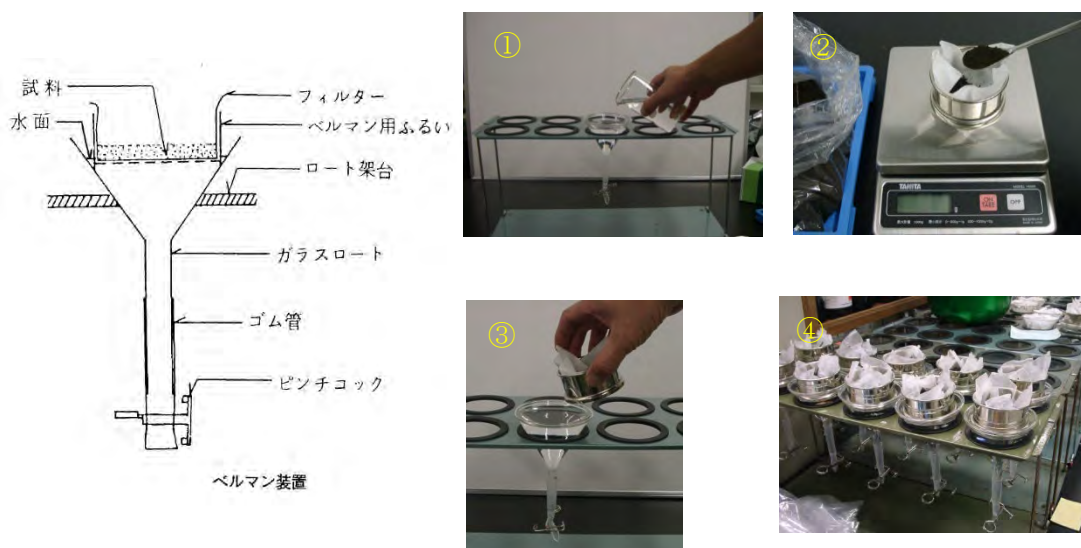
2) センチュウの分離法

採取した根等の植物体は小片に細断のうえ、ベルマン法又はミキサー・ふるい分け法で分離する。土壌についてはベルマン法又は篩い分け法で分離する。

より簡易的な検出方法としては、植物体を1～2 cmに細断し、シャーレに入れて水に浸す。これを20～25℃で72時間静置することで試料中のセンチュウが遊出する。

ア) ベルマン法

ベルマン法は簡便な方法であるため、最も広く利用されている分離法である。センチュウ自身の活動性及び重力を利用して、水に浸した土壌等のサンプルからセンチュウを分離する方法である。



手順

- ① 直径9～15 cm程のロートの端にゴム管をつないで ピンチコックで止め、ロート架台にセットし、ロートに水を満たす。
- ② 実験用ティッシュペーパーをベルマン用ふるいに敷き、その中に混合した土壌などの試料(土壌の場合は1反復当たり20gまで) ずつ入れる。
- ③ ベルマン用ふるいの底に気泡ができないように注意しながら、ロートの中に置く。
- ④ 試料中のセンチュウが徐々に遊出し、フィルターの目を通り抜けてロートの管の底まで沈降する。24～48 時間静置した後、ベルマン用ふるいを取り外し、ロートの管の部分の水を残して、その他の水を捨てる。

なお、静置中は乾燥を防ぐため上側をラップ等で覆い、ベルマン用ふるいの下部が常に浸るよう、不足した水は適宜補給する。

- ⑤ ピンチコックを開いてシラキース時計皿にセンチュウを集め、実体顕微鏡下で検鏡する。

イ) (2) ミキサー・ふるい分け・ベルマン法

家庭用ミキサーを用いて根を砕き、網目の大きさの違うふるい（目開き 1 ～ 2 mm、目開き 25 μ m）を使用するかベルマン法を用いて根から線虫を分離する方法である。ベルマン法は線虫自身の活動性及び重力を利用して線虫を分離する方法であるが、ミキサーによる破碎作業を追加すると根内部に侵入した線虫の分離に有効である。以下にその手順を示す。

手順

- ① 植物体をよく水洗し、ハサミ等で 1 cm ぐらいの小片に切断した後、2 ～ 3 g をミキサーに入れ、植物体が浸る程度の水を加えて低速で 10 秒間植物体を破碎する。
- ② 目開き 1 ～ 2 mm のふるい、又はベルマン用ふるいに実験用ティッシュペーパーを敷き、破碎物をこしとり、ろ液は捨てる。ミキサー内に残さが残らないよう洗浄瓶ですべて洗い出す。
- ③ ベルマン用ふるいを用いた場合は、そのままベルマン法により線虫を回収する（前頁「ベルマン法」の手順③から始める）。
ふるいを用いる場合には、ふるいが収まる大きさのボールに水を張り、目開き 1 ～ 2 mm のふるいをセットする。水位は破碎物が浸る高さに調整する。
- ④ 水の蒸発を防ぐためラップ等でふるいを覆い、24 ～ 48 時間静置する。
- ⑤ ふるいを使用した場合、静置が終了したらボールの水を 25 μ m の目のふるいに注ぐ。ふるいに線虫が回収されるので、洗浄瓶でビーカーに洗い落とす。ベルマン装置を利用した場合はピンチコックを開いてシラキューズ時計皿に線虫を集める。

3) センチュウの標本作製

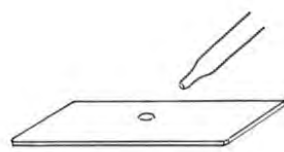
分離されたセンチュウをすぐに観察するには、水封入による一時プレパラートを作製することとなる。一時プレパラートは、カバーガラスの周りをマニキュア等でシールしても水分が蒸発するため、観察が可能な期間は一日程度である。

準備：透過可能な実体顕微鏡、スライドガラス、カバーガラス、水、ピンセット、柄付き針（先端を曲げたもの）、ガラス繊維、ろ紙片、マニキュアなどを準備する。

手順

- ① スライドガラスの上にスポイトで水を一滴置き、実体顕微鏡の傍に置いておく。

（水滴の径が3～4 mm 程度になるのが目安。しかし、水の広がり具合で量は違うので、ちょうど良い水の量を置くには練習が必要。）

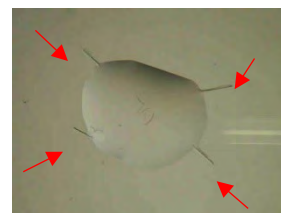


- ② 実体顕微鏡で透過照明（下からの光）を当てながらシラキウス時計皿のセンチュウを観察する。以下の点に注意しながら、生物顕微鏡で観察すべきセンチュウを見つける。



- a) 口針の有無（口腔の形態）、b) 雌雄の確認 c) 食道部、d) 生殖器官（陰門の位置）等を観察する。（雌成虫での同定が主体となる）

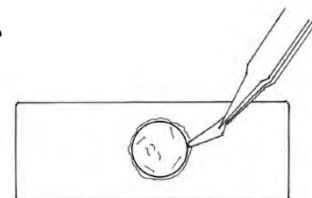
- ③ 上記②で見つけたセンチュウを、柄付き針で釣り上げ、スライドガラスの上に置いた水滴の中に沈める。



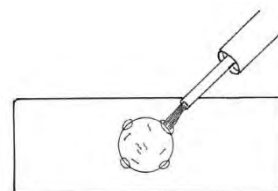
矢印はガラス繊維

- ④ 水滴の周りにガラス繊維を4本程度置く（右写真）。

- ⑤ カバーガラスを静かに被せる。カバーガラスから水が余分にはみ出すような場合は、ろ紙片で水を吸い取る。（このときセンチュウも一緒に吸い取られることがあるので、センチュウの位置を確かめ、センチュウから遠い位置で水を吸い取る。）



- ⑥ カバーガラスの周りをマニキュアでシールする。
まず4点にマニキュアを置き(右図)、固まってから
周囲に塗ると、カバーガラスがずれない。



- ⑦ ホットプレート(約70℃)上に数秒置き、熱殺して動きを止める。
ライターで炙るとセンチュウの内部構造が変形したり、体が破裂するの
で、ライターは使わない。

ウ 試料採取及び送付時の注意事項

- 1) 採取した試料(植物体及び土壌)を送付する場合、散逸しないように厳重に
梱包し、試料採取票(別記様式)を添付し、夏季の場合は保冷剤を入れて低温
に保った保冷箱等に収容して冷蔵のまま送付する。

また、植物体は、採取時の水分含量を極力、減少させないように、地下部に
土壌が付着している場合は土壌を落とさずそのままポリエチレン袋に入れる。

土壌のみを送付する場合は、表面が軽く乾いていて、手で握っても手が濡れ
ず、土壌が固まらない程度の含水状態が望ましい。余裕があれば、霧吹き等
による加湿や、室温風乾により水分含量を調節する。

- 2) ベルマン法等で分離したセンチュウを送付する場合、分離後2、3日中に送
付先で検鏡・同定ができるようにする。分離したセンチュウ懸濁液を容量3～
5ml程度のパッキング付きの硬質ガラス製ねじ口管瓶に入れて送付する。ただ
し、夏季の高温時には、新鮮な状態を保つために保冷容器等を使用することが
望ましい。

なお、ラベルは管瓶内に入れず、管瓶の表面に貼付するか、管瓶に整理番号を付し
て別紙一覧用を添付する。

エ 被害写真等

- 1) 寄主植物における症状
ア) トマト



図1. バナナネモグリセンチュウ
1,000頭接種2か月後のトマト
の根の状況。CK:線虫無接種;
WT:線虫接種

【引用文献】

Ke Wang, Yu Li, Xin Huang, Dong-Wei Wang, Chun-Ling Xu, Hui Xie (2016)
The cathepsin S cysteine proteinase of the burrowing nematode
Radopholus similis is essential for the reproduction and invasion
Cell Biosci. 2016 Jun 10;6:39. doi: 10.1186/s13578-016-0107-5.
eCollection 2016.

イ) サトイモ

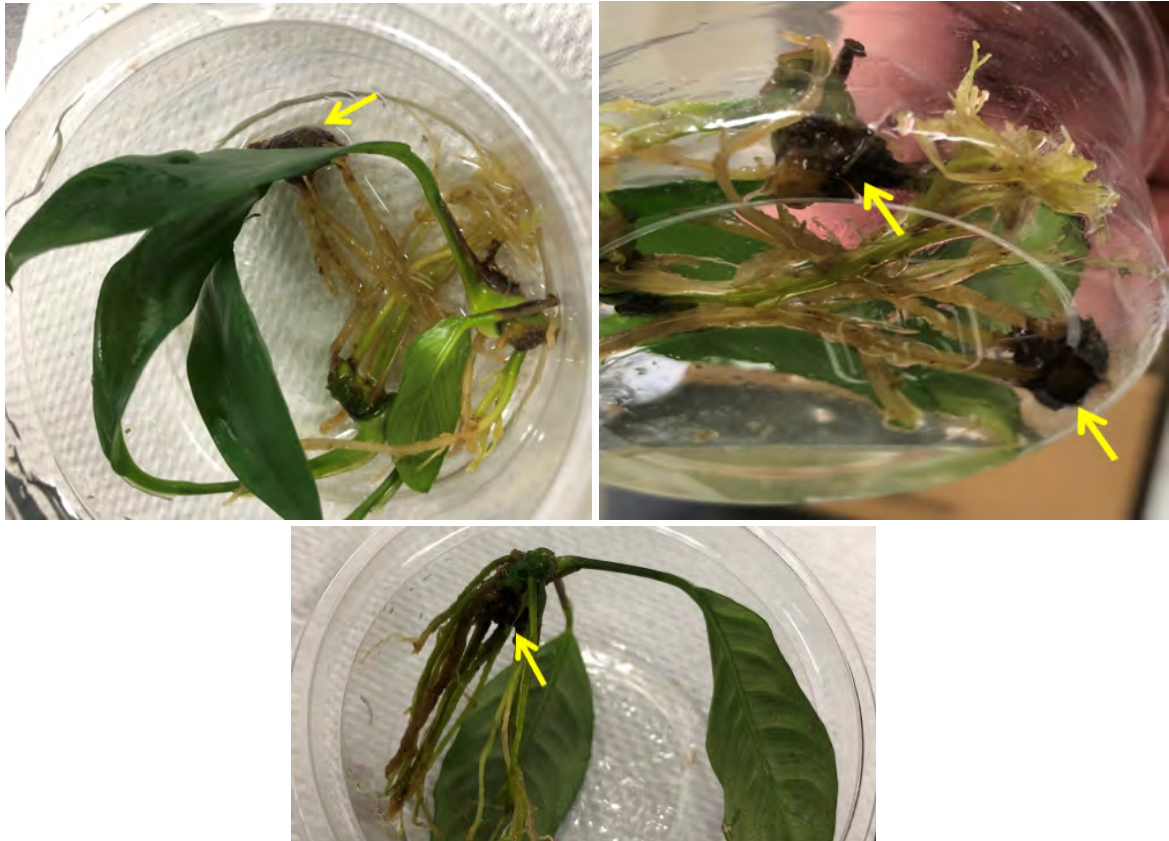


図2. サトイモ

Radopholus similis による被害（黄色矢印、根系中の
褐色根、褐色塊茎）（防除指針委託事業成果）

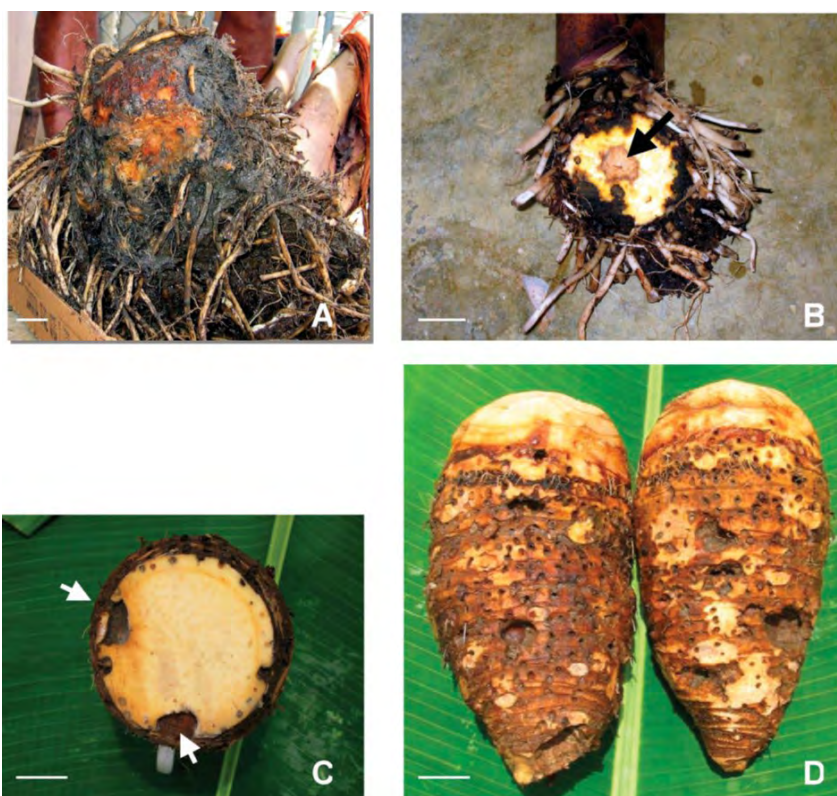


図3. *Radopholus similis* の寄生を受けたタロイモの1種 *Cyrtosperma merkusii*.
 A: 9年生の球茎、褐色に壊死した組織の腐敗部；B: 表層を斜めに切断した2年生の球茎、内部に黒褐色の壊死部；C: 半分に切断した8年生の球茎、組織が壊死、空洞化し、症状が内部に向かって進行する；D: 全体に寄生した球茎、表面に点刻のような穴が見られる。

【引用文献】

Murukesan, V. K., E. van Den Berg, L. R. Tiedt, P. C. Josekutty and D. de Waele (2005) Corm rot of giant swamp taro (*Cyrtosperma merkusii*) caused by the burrowing nematode *Radopholus similis* (Nematoda: Pratylenchidae) in the Pacific. *Nematology*, 7(4), 631-636

ウ) ショウガ ※転載の許諾が得られなかったことから URL 等を示す。

J. A. Cobon, A. B. Pattison, L. D. J. Penrose, K. A. Chandra, W. T. O' Neill and M. K. Smith (2019). Comparison of the reproduction and pathogenicity of isolates of *Radopholus similis* (burrowing nematode) from Australia and Fiji on ginger (*Zingiber officinale*) and banana (*Musa spp.*) Australasian Plant Pathology 48:529-539. <https://doi.org/10.1007/s13313-019-00656-w>

エ) カンキツ

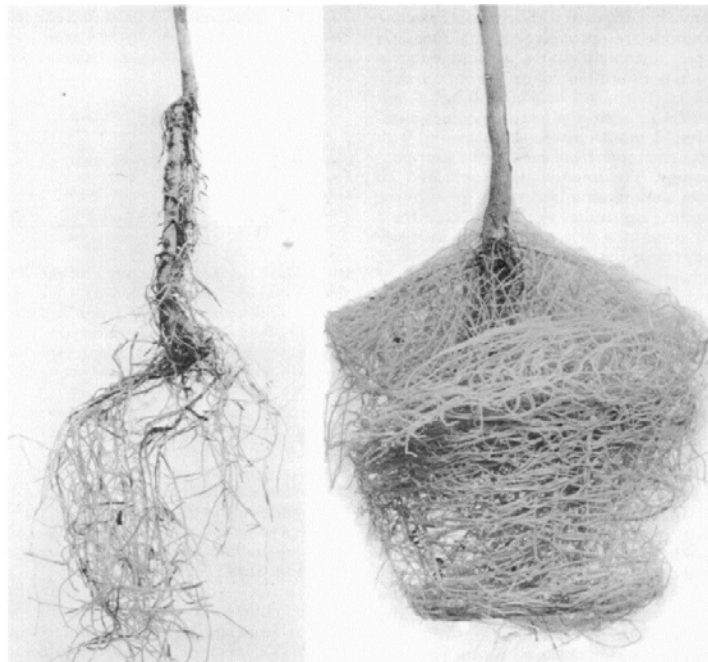


図4. *Radopholus citrophilus* 接種後5カ月のダイダイ *Citrus aurantium* の根系
左：フロリダ産 *R. citrophilus* 接種；右：オアフ産アンスリュームから分離された *R. citrophilus* 接種

【引用文献】 Huettel R. N., D. T. Kaplan and D. W. Dickson (1986)

Characterization of a New Burrowing Nematode Population, *Radopholus citrophilus*, from Hawaii. Journal of Nematology 18(1):50-54.

PMCID: PMC2618493



(その他写真) ※転載の許諾が得られなかったことからURL等を示す。

・カンキツの拡大性衰弱症状の写真

Sekora N. and Crow W. (2012). “Burrowing Nematode *Radopholus Similis* (Cobb, 1893) Thorne, 1949 (Nematoda: Secernentea: Tylenchida: Pratylenchidae: Pratylenchinae)” . EDIS 2012 (11).

<https://journals.flvc.org/edis/article/view/120297>.

オ) アンズリウム



図5. *Radopholus similis* による被害根（黄色矢印、根系下部の褐色根）
（防除指針委託事業成果、龍谷大学岩堀教授写真提供）

（その他写真）※転載の許諾が得られなかったことからURL等を示す。

Uchida J.Y, Sipes B.S. and Kadooka C.Y. (2003) Burrowing nematode on Anthurium: recognizing symptoms, understanding the pathogen, and preventing disease. College of Tropical Agriculture and Human Resources, PD-24.

カ) トウモロコシ

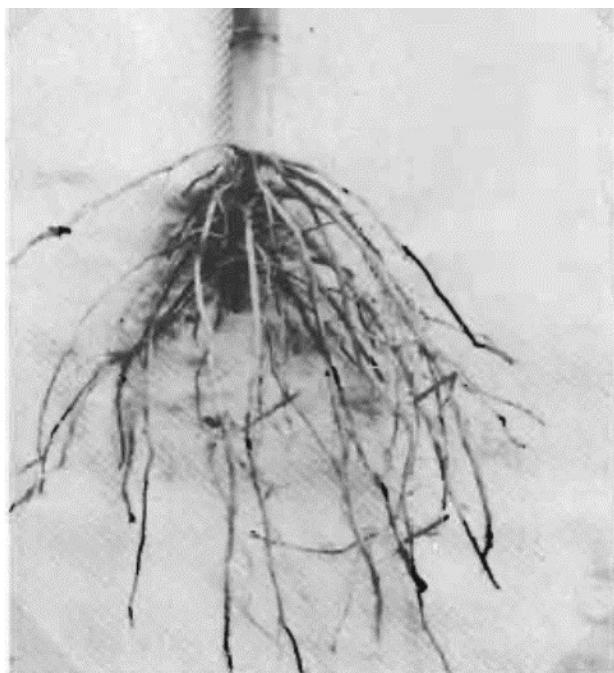


図6. *Radopholus similis* 接種 111 日後のトウモロコシの根の被害。暗褐色部が被害部

【引用文献】

Keetch D.P. (1972) Some host plants of the burrowing eel worm, *Radopholus similis* (Cobb) in Natal. *Phytophylactica* 4, 51-58.

キ) ラッカセイ



図7. *Radopholus similis* 接種 90 日後のラッカセイの根の被害。根と莢の暗褐色部が被害部

【引用文献】

Keetch D.P. (1972) Some host plants of the burrowing eel worm, *Radopholus similis* (Cobb) in Natal. *Phytophylactica* 4, 51-58.

ク) クズウコン属



図8. 右が健全株、左が被害株

【引用文献】

CABI (2021) *Radopholus similis*. In: Crop Protection Compendium. CAB International, Wallingford, UK. (Online) available from <<https://www.cabdigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.46685>> (Last modified: 2021-11-16)

オ 対象病害の解説

1) バナナネモグリセンチュウ

学名：*Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne. 1949

英名：banana burrowing nematode

分布：

アジア：インド、インドネシア、タイ、中華人民共和国、パキスタン、フィリピン、ベトナム、マレーシア、オマーン等

ヨーロッパ：英国、オランダ、デンマーク、ドイツ、フランス等

アフリカ：エジプト、エチオピア、カメルーン、タンザニア、ナイジェリア、マダガスカル、南アフリカ共和国等

北米：アメリカ合衆国、カナダ

中南米：エクアドル、グアテマラ、コスタリカ、コロンビア、パナマ、ブラジル、ペルー、メキシコ等

大洋州：オーストラリア、サモア、トンガ、パプアニューギニア、ハワイ諸島、フィジー等

寄主植物：アボカド、うこん、おくら、ココやし、さといも、さとうきび、しょうが、しょくようかん、だいしょ、ちゃ、とうもろこし、トマト、なす、ばれいしょ、ばんれいし、びんろうじゅ、めきしこいとすぎ、らっかせい、カラテア属植物、くずうこん属植物、コーヒーノキ属植物、こしょう属植物、ばしょう属植物、フィロデンドロン属植物、ブセファランドラ属植物、ふだんそう属植物、ほうらいしょう属植物、アヌビアス属植物及びアンスリウム属植物等

2) カンキツネモグリセンチュウ

学名：*Radopholus citrophilus* Huettel, Dicson & Kaplan 1984

英名：citrus burrowing nematode

分布：アメリカ合衆国、ハワイ諸島

寄主植物：アボカド、アルファルファ、いんげんまめ、オクラ、きだちとうがらし、こしょう、さつまいも、さとうきび、すいか、だいこん、だいず、テーダまつ、とうがらし、とうもろこし、トマト、にがうり、パイナップル、ペポかぼちや、メロン、らっかせい、リーキ、れいし、アンスリウム属植物、ばしょう属植物、ふだんそう属植物及びみかん科植物

(以下、バナナネモグリセンチュウ及びカンキツネモグリセンチュウ共通)

生態：根の組織内部を移動する内部寄生性線虫である。多くの場合根端から侵入し、皮層の中を移動しながら摂食し、さらに、篩部と形成層を加害する。加害部の組織が壊死すると新鮮な組織へと移動する。

1) 繁殖様式

通常受精（有性生殖）により繁殖するが、単為生殖することもあるとされる。雌成虫は一生のうち2週間の産卵期間があり、寄生した組織で1日当たり平均4～5個の卵を産む。

2) 年間世代数

卵から次世代の卵まで生活環は24～32℃の時、20～25日で完了するため、年間複数世代が起きる。卵は産卵後8～10日後にふ化し、幼虫の期間は10～13日とされる。

3) その他

本種は湿潤土壌（27～36℃）で6箇月、乾燥土壌（29～39℃）では1箇月生存することができる。ガラス室の環境下では、より長期間（湿潤土壌（25.5～28.5℃）で15箇月、乾燥土壌（27～31℃）で3箇月）生存する。

分散：

1) 自然分散

一般に、土壌中におけるセンチュウ自身の移動は、ハガレセンチュウ類*Aphelenchoides* spp.) の例を除くと、1頭のセンチュウが1年又は一生のうちに移動する距離は、数cmから数十cm程度と考えられている。

2) 人為分散

本種は、寄生を受けた苗、塊茎、球茎等の寄主植物体地下部により移動分散するとされており、汚染された土壌、園芸資材等の移動でも伝搬される。

日本の例として、1966年、ハワイから八丈島に導入したアンスリウム苗を介し、本種が侵入したが、早期に緊急防除が行われた結果、翌年までに根絶作業は完了した。

防除：

防除手法として以下のものがある。

- ①化学的防除：くん蒸剤等の薬剤による防除
- ②耕種的防除：非寄主植物との輪作や抵抗性品種の利用等
- ③物理的防除：8週間の湛水处理、種苗の温湯処理等
- ④生物的防除：菌根菌等の利用

<参考文献>

- CABI (2020). Plantwise Knowledge Bank. burrowing nematode *Radopholus similis* <https://www.plantwise.org/knowledgebank/datasheet/46685>
- EFSA (2014). Scientific opinion on the pest of *Radopholus similis* (Cobb) Thorne and *Radopholus citrophilus* Huettel, Dickson and Kaplan. EFSA Journal 2014 12, 3852.
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2014.3852>
- EPP0 (2008). Diagnostics *Radopholus similis*. EPP0 Bulletin 38, 374-378.
- Fogain R. (2000). Effect of *Radopholus similis* on plant growth and yield of plantains (Musa, AAB). *Nematology* 2, 129-133.
- Gebremichael G.N. (2015). A review on biology and management of *Radopholus similis*. *Advances in Life Science and Technology* 36, 91-96.
- Haegeman A., Elsen A., Waele D.D., and Gheysen G. (2010). Emerging molecular knowledge on *Radopholus similis*, an important nematode pest of banana. *Molecular Plant Pathology* 11, 315-323
- Kaplan D.T. (1990). Screening for resistance to *Tylenchulus semipenetrans* and *Radopholus species*. In: Starr J.L. (ed.) Methods for evaluating plant species for resistance to plant-parasitic nematodes. The Society of Nematology, Hyattsville, Maryland, pp. 51-57.
- Krishana P.B. & Eapen S.J. (2019). Development of a real-time PCR based protocol for quantifying *Radopholus similis* in field samples. *Journal of Species and Aromatic Crops* 28: 52-60.
- Mai W.F., Mullin P.G., Lyon H.H., and Loeffler K. (1996). Plant-parasitic nematodes a pictorial key to genera. *Cornell University Press*, 140-144
- 三枝敏郎・松本安生・堀江典昭・永沢実 (1968) 八丈島におけるミカンネモグリセンチュウ *Radopholus similis* (Cobb) Thorne の分布と寄生植物. 植物防疫所調査研究報告 6: 41-42.
- 水久保隆之・二井一禎 (編) (2014) 線虫学実験. 京都大学学術出版会、京都、324pp.
- Murukesan V.K., VAN DEN Berg E., Tiedt L.R., Josekutty P.C. and DE Waele D. (2005). Corm rot of giant swamp taro (*Cyrtosperma merkusii*) caused by the burrowing nematode *Radopholus similis*

- (Nematoda: Pratylenchidae) in the Pacific. *Nematology*, Vol. 7(4), 631-636.
- Myers R., Bushe B., Mello C., Lichty J., Hara A., Wang K., and Sipes B. (2020). Yield increases in burrowing nematode-infested Anthurium with Fluopyram and Trifloxystrobin applications. *Hort Technology*
- NEMAPLEX (2020). Nematode Host Range Search. Host Range of a Genus and species of Plant-feeding Nematodes.
<http://nemaplex.ucdavis.edu/Nemabase2010/NematodePageHostRangeResults.aspx?NgenusNspec=Radopholus+similis> (access 20201022)
- 農林省横浜植物防疫所・東京都 (1968) 八丈島におけるミカンネモグリセンチュウの緊急防除事業実績報告
- Plowright R, Dusabe J, Coyne D, Speijer P. (2013). Analysis of the pathogenic variability and genetic diversity of the plant-parasitic nematode *Radopholus similis* on bananas. *Nematology* 15, 41-56.
- Siddiqi M.R. (2000). Tylenchida parasite of plants and insects 2nd edition, 340-358
- Seenivasan N. (2017). Management of *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus* in ratoon banana grown under high density planting systems. *International Journal of Fruit Science* 17, 41-62.
- Seenivasan N., Manoranjitham S.K., Auxilia J., and Soorianathasundaram K. (2013). Management of nematodes in banana through bio-rational approaches. *Pest Management in Horticultural Ecosystems* 19, 38-44.
- Sekora N. and Crow W. (2012). “Burrowing Nematode *Radopholus Similis* (Cobb, 1893) Thorne, 1949 (Nematoda: Secernentea: Tylenchida: Pratylenchidae: Pratylenchinae)” . EDIS 2012 (11).
<https://journals.flvc.org/edis/article/view/120297>.
- Shanthi A., and Rajendran G. (2006). Biological control of lesion nematodes in banana. *Nematologia Mediterranea* 34, 69-75.
- Thammaiah N., Shirol A.M., Kanamadi V.C., and Swamy G.S.K. (2007.) Control of banana nematodes (*Radopholus similis*) using intercrop. *Asian Journal of Horticulture* 2, 24-28.
- Tennant P.F., Robinson D., Fisher L., Bennett S., Hutton D., Coates-Beckford P., and Laughlin W.M. (2009). Diseases and pests of citrus (*Citrus* spp.). *Tree and Forestry Science and Biotechnology*

3, 81-107.

東京都農林部（1969）八丈島におけるミカンネモグリセンチュウの緊急防除
事業実績報告（II）

Uchida J.Y., Sipes B.S. and Kadooka C.Y., 2003. Burrowing nematode
on Anthurium: recognizing symptoms, understanding the pathogen,
and preventing disease. College of Tropical Agriculture and Human
Resources, PD-24.

横浜植物防疫所（2020a）*Radopholus similis*（バナナネモグリセンチュウ）
に関する病害虫リスクアナリシス報告書. 農林水産省.

<https://www.maff.go.jp/j/syouan/keneki/kikaku/attach/pdf/prareport-56.pdf>

横浜植物防疫所（2020b）統計レポート 11. 輸入植物品目別・国別検査表
栽植用植物 2019（令和元）年

<http://www.pps.go.jp/TokeiWWW/Pages/report/index.xhtml>

【更新履歴】

2023 年 12 月 4 日 クズウコン属写真を追加

参考：（CPC にクリエイティブコモンズのマークあり）（↓は確認用参考であり、最終的に消します）



8. ネコブセンチュウ類

①コロンビアネコブセンチュウ (*Meloidogyne chitwoodi*)

②*Meloidogyne enterolobii*

〔※ ネコブセンチュウ類は調査方法が似ているため、ここではコロンビアネコブセンチュウと*Meloidogyne enterolobii*をまとめて記述する。〕

ア 調査

【調査対象植物】

- ①馬鈴しょ、トマト
- ②トマト

【調査時期】

調査は、対象植物の生育期間中に年1回以上実施する。

【調査方法及び調査内容】

- 1) 調査は、上記の調査対象植物の中から選定した上で、調査地点を設定する。なお、調査地点は各都道府県内で偏りが生じないように留意する。
- 2) 設定した調査地点当たり10株の十分生育した植物体を対象に、生育不良等の異常株がないか目視で調査する。
- 3) 異常株があった場合は、異常を示す株の抜き取り又は周囲を掘り返すことにより、根系への根こぶの有無を確認し、根系にこぶが形成され、他の病害や生理障害の関与がないか目視で確認する。なお、基本的に植物の生育期間中に異常株の抜き取り等を行うこととするが、生育期間中の抜き取り等が難しい場合には、栽培終了直後の抜き取りでも確認可能である。寄生が疑わしい場合は、症状を示している部位や株全体、周囲の様子等をデジタルカメラ等で撮影した上で、試料を採取する。
- 4) また、馬鈴しょ塊茎を用いた調査を行う場合は、調査対象の地域やほ場から収穫し貯蔵中の塊茎について、ほ場当たり10株分程度を確認し、病徴写真を参考にして、寄生による症状の有無を確認する。寄生が疑わしい症状があった場合は、デジタルカメラ等で撮影した上で、塊茎の皮をむいて線虫を採取する。

【調査に当たっての留意事項】

1) 発見のポイント

地下部の特徴的な病徴である根こぶの観察からネコブセンチュウの寄生を確認する。特に在来のネコブセンチュウ種が寄生しにくい馬鈴しょで被害症状が発生した場合は本種の寄生を疑う。

ア) 馬鈴しょ：塊茎表面に小さな吹き出物のような多数の隆起を引き起す。

寄生が多いと地上部に生育不良が出る。

イ) トマト : 寄生が著しい場合、地上部に生育不良、萎ちょう、葉の黄化が見られる。

イ 同定診断手法

採取または送付された試料について、以下の手順で検定を実施する。なお、寄主植物での症状及び線虫の形態的特徴はネコブセンチュウ種間で類似するため、簡易同定法として遺伝子診断（PCR検定）を行う。

また、雌成虫の会陰門や第2期幼虫の形態によっても同定が可能であるが同定には熟練を要するため、線虫の専門知識を有する者に同定を依頼する。

1) 線虫の分離

調査によって得られた線虫寄生根の根こぶ部分をメス等を用いて解剖して雌成虫を取り出すか、根に付着した卵のうを25℃程度の水中に保存してふ化させて第2期幼虫を得る。馬鈴しょ塊茎では、線虫が小さな吹き出物のような多数の隆起を引き起こすので、当該部分をメス等で解剖して雌成虫を取り出す。根等が利用できない場合は、土壌からベルマン法で第2期幼虫を分離する。

<参考情報>

ネコブセンチュウの解剖方法

- ① 肉眼又は実態顕微鏡を用いて、根こぶ（ゴール）のある根や塊茎のこぶの部分を解剖ばさみやメスで切り取り水を入れたシャーレやシラキウス時計皿等に移す。
- ② 雌成虫は根こぶの組織内部に埋まった状態に入っている。メスとピンセットを用いて根こぶの入った組織を少しずつ切開して、1mm弱（0.43～0.74mm）の乳白色で洋ナシ形をした雌成虫を摘出する。

2) 遺伝子診断

調査によって得られた線虫からDNAを抽出しPCR等の遺伝子調査によって種を判別する。尚、同定診断については専門家あるいは最寄りの植物防疫所に相談すること

ウ 試料採取及び送付時の注意事項

- 1) 採取した試料は、試料の確認に必要な事項（採取月日、採取場所、写真等）を記録した試料採取票（別記様式）を添付した上で、ビニール袋に入れ、輸送するまでクーラーボックス等（10℃）もしくは冷暗条件で保管する。
- 2) 試料の採取部位、病徴及び採取票に記録した内容等は、別途、調査野帳等に記録する。
- 3) 採取した試料は、散逸しないように厳重に梱包し、保冷剤を入れて低温に保った保冷箱等に収容して冷温のまま速やかに送付する。

エ 病徴写真等

1) 寄主植物における病徴

ア) コロンビアネコブセンチュウ

a) トマト



図1. 根上の卵のう (スケールは最小メモリが 0.5mm)
(防疫指針委託事業成果)



図2. 根上の根こぶ
(防疫指針委託事業成果)



図3．根上の卵のう（ブリリアントブルーで染色）
（防疫指針委託事業成果）

b) 馬鈴しょ



図4．塊茎での症状（右：健全サンプル）
（NPP0 of the Netherlands、EPP0 より）



Meloidogyne chitwoodi (MELGCH) = <https://gd.eppo.int>

図5. 塊茎の表皮下の寄生痕
(NPP0 of the Netherlands、EPP0 より)

イ) *Meloidogyne enterolobii*

a) トマト



図6



図7

*Meloidogyne enterolobii*による根こぶ（こぶが大きく発達する）
(龍谷大学岩堀英晶教授提供)

2) 線虫

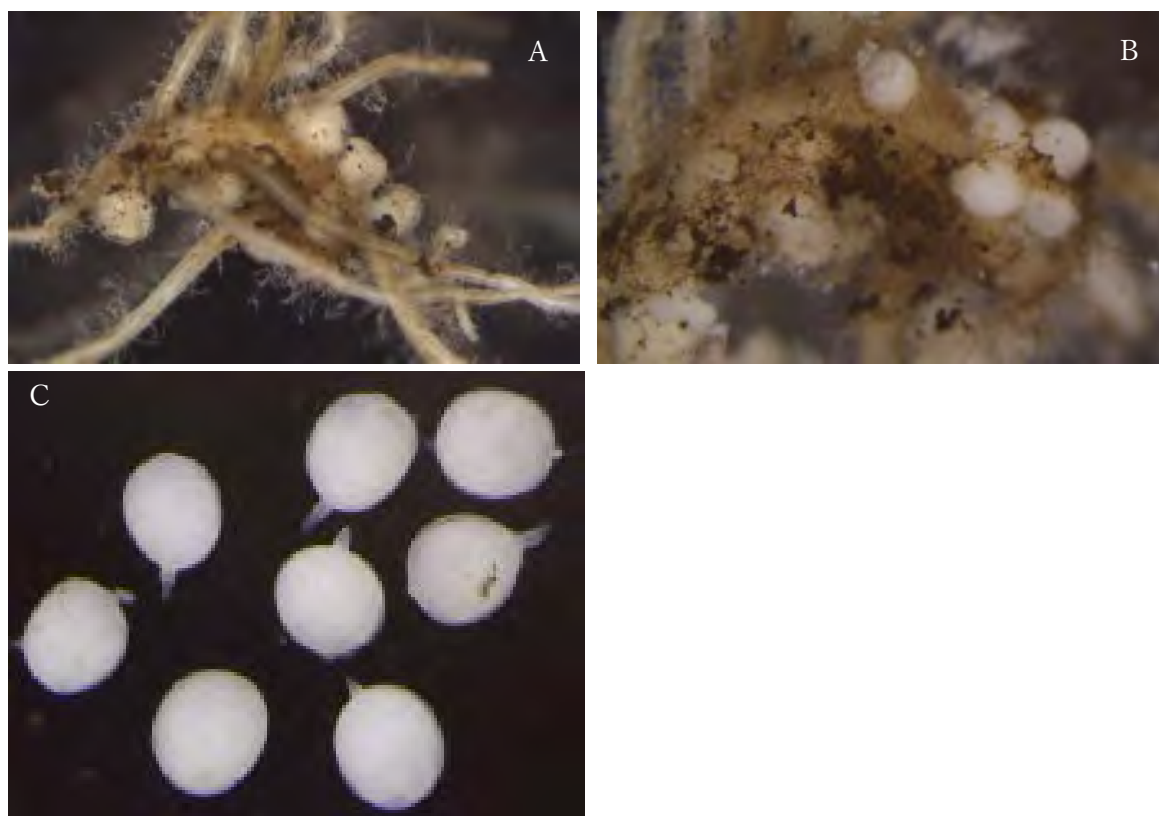


図 8. コロンビアネコブセンチュウ (植物防疫所原図)

A: コブのできた被害根 (コブの上に卵のうが見られる)、B: 雌成虫 (卵のうを除去したところ)、
C: 根から摘出した雌成虫



図 9. *M. enterolobii* の第 2 期幼虫
(龍谷大学岩堀英晶教授提供)

オ 対象害虫の解説

①コロンビアネコブセンチュウ

学名：*Meloidogyne chitwoodi* Golden, O'Bannon, Santo & Finley, 1980

英名、和名等：Columbia root-knot nematode

分布：トルコ、オランダ、スウェーデン、ドイツ、フランス、ベルギー、ポルトガル、南アフリカ共和国、アメリカ合衆国、アルゼンチン、メキシコ

寄主植物：テンサイ、ドイツアヤメ、エンバク、オオムギ、コムギ、トウモロコシイロハモミジ、コブカエデ、ヨーロッパカエデ、ヨーロッパシラカンバ、キクゴボウ、キミキフガ・ラケモサ、ケマンソウ、ハナケマンソウ、ロニケラ・クシロステウム、ニンジン、エリカ・キネレア、トマト、バレイショ、ポテンティラ・フルティコサ、アルファルフア、インゲンマメ、エンドウなど

形態：雄成虫と第2期幼虫は糸状、雌成虫は特徴的な洋なし型をしており、真珠光沢のある白色を示す。雌は体長430～740 μm 、体幅344～518 μm である。第2期幼虫は、体長336～417 μm 、体幅12.5～15.5 μm 、尾は短く39～47 μm で、先端部分は透明な円筒状である。雄は体長887～1268 μm 、体幅は22～37 μm で両端は次第に細くなっている。尾は短く4.7～9.0 μm で先端は丸くなっている。体環は明瞭である。卵は、長さ79～92 μm 、幅40～46 μm である。

生態：雄成虫と第2期幼虫は運動性があるが、雌成虫は寄主植物の根に定着して寄生する。適切な環境下であれば、1世代は約3～4週間であり、年間3～5世代の発生であると考えられている。*Meloidogyne*属の幼虫は寄主植物なしでも1年以上生き続けることができる。本種は卵または幼虫で越冬し、氷点下でも生き残ることができる。本種はふ化及び根へ入り込むには最低4℃の温度が必要で、発育のためには最低6℃が必要である。

(Inserra et al., 1985 ; Charchar and Santo, 2001)

分散：

1) 自然分散 (CABI, 2019)

土壌伝搬する。本種の移動分散能力は非常に限定されている。第2期幼虫及び雄成虫は移動能力を有するがその距離は数十cmほどである。灌漑水により線虫が移動する。

2) 人為分散 (CABI, 2019)

本種が新しい地域へ侵入するための主な方法は、被害を受けた植物又は汚染された培養資材の移動によるものであり、本種が寄生した球根や

地下茎又は生産物により運ばれる。更に、非寄主植物の苗類や農機具等に当該線虫の汚染土壌が付着して移動することによっても、本種は分散する。

防除：クロルピクリン、DD 剤、ダゾメット粒剤、イミシアホス剤などの土壌くん蒸剤などによる防除及び非宿主作物の3年以上の栽培等、他のネコブセンチュウ種に準じた防除を行う。また、発生ほ場からの土壌の持ち出しを防ぐため、使用農機は移動前に当該ほ場で付着土壌を確実に落とす、作業者はオーバーシューズを着用するなどの措置を講じる。線虫汚染の可能性のあるほ場資材、植物残渣などは焼却処分する。

② *Meloidogyne enterolobii*

学名：*Meloidogyne enterolobii* Yang & Eisenback, 1983

英名、和名等：Pacara earpod tree root-knot nematode, Guava root-knot nematode

分布：インド、スリランカ、タイ、中華人民共和国（香港を除く。）、台湾、ベトナム、スイス、ポルトガル、コートジボワール、セネガル、ブルキナファソ、マラウイ、南アフリカ共和国、ケニア、ナイジェリア、ニジェール、アメリカ合衆国（ハワイ諸島を含まない。）、グアテマラ、コスタリカ、ブラジル、ベネズエラ、メキシコ、キューバ、トリニダード・トバゴ、プエルトリコ、マルティニーク

寄主植物：アラビアコーヒー、クチナシ、スイカ、キュウリ、ペポカボチャ、アセロラ、ナツメ、パラミツ、ショウガ、ニンジン、キャッサバ、トウガラシ、トマト、タバコ、ナス、サツマイモ、バンジロウ、ダイズなど

形態：第2期幼虫は細長く、環状で両方の先端はさらに細くなっている。体長は250～700 μm 、体幅は12～18 μm 、尾の長さは15～100 μm で、尾端透明部長が5～30 μm である。雌は洋梨型の球状、真珠のような白色を示す。体長は400～1,300 μm で、体幅300～700 μm である。雄は細長く、体長700～2,000 μm 、体幅25～45 μm である。

生態：雌成虫は400～600 個の卵を産む。なお、本種の単為生殖に関する情報はないが、他の *Meloidogyne* 属はほぼ単為生殖である。

1世代の期間は好適環境下で4～5週間。幼虫は成虫になるまで、3回脱皮を繰り返す(EPP0, 2014a)。20℃の環境の場合、1世代6週間となる(Karssen & Moens, 2006)。

分散：

1) 自然分散

土壌伝搬する。土壌中における線虫自身の移動は数十cm 程度に限られる (EPP0, 2014a) が、年間で数m との報告もある。(EPP0, 2011)

2) 人為分散 (EPP0, 2014a)

主要な分散方法は、汚染された園芸資材や土、寄主となる根付き植物や、車両、機械、植物に付着した土壌、灌水である。

防除：寄主でない植物の栽培又は休耕を実施することが、密度の低減に最も効果的である。一般的に侵入したネコブセンチュウの根絶は困難である。

<参考文献>

EPP0 文書、<https://gd.eppo.int/taxon/MELGCH/documents>、PM9/017 (1)

Meloidogyne chitwoodi and *Meloidogyne fallax*

EPP0 文書、<https://gd.eppo.int/taxon/MELGCH/documents>、Data sheet on *Meloidogyne chitwoodi*

EPP0 文書、<https://gd.eppo.int/taxon/MELGCH/documents>、PM3/069 (2)

Meloidogyne chitwoodi and *M. fallax*: sampling potato tubers for detection

EPP0 文書、<https://gd.eppo.int/taxon/MELGCH/documents>、PM7/041 (3)

Meloidogyne chitwoodi and *M. fallax*

日本植物防疫協会ウェブサイト JPP-NET、<http://web1.jppn.ne.jp/member/>

EPP0 (2014) *Meloidogyne enterolobii*. EPP0 Bulletin, 44 (2), 159-163.

Cetintas, R, Kaur R, Brito JA, Mendes ML, Nyczepir AP and Dickson DW

(2007) Pathogenicity and reproductive potential of *Meloidogyne mayaguensis* and *M. floridensis* compared with three common *Meloidogyne* spp. Nematropica, 37, 21-31.

EPP0 (2018) Pest Risk Analysis report for *Meloidogyne enterolobii* (10-16246rev). <https://pra.eppo.int/prab3f5ee8e-0551-4c8f-84fc-2fb729bb3dd8> ※出版年は左記ページの記載に従ったが、内容は2019年に一部改訂されている。

Kiewnick S, Frey JE and Braun-Kiewnick, A (2015) Development and validation of LNA-based quantitative real-time PCR assays for detection and identification of the root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* in complex DNA backgrounds. Phytopathology, 105, 1245-1249.

Braun-Kiewnick A, Viaene N, Folcher L, Ollivier F, Anthoine G, Niere B, Sapp M, van de Vossenberg B, Toktay H and Kiewnick S (2016)

- Assessment of a new qPCR tool for the detection and identification of the root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* by an international test performance study. *European Journal of Plant Pathology*, 144, 97-108.
- EPP0 (2013) PM 9/17(1) *Meloidogyne chitwoodi* and *Meloidogyne fallax*. EPP0 Bulletin, 43(3), 527-533.
- Quesada-Ocampo (2018) Sweetpotato Root Knot Nematode, Vegetable Pathology Factsheets. <https://content.ces.ncsu.edu/sweetpotato-root-knot-nematode>.
- EPP0 (2018) Pest Risk Analysis record for *Meloidogyne enterolobii*. <https://pra.eppo.int/pra/b3f5ee8e-0551-4c8f-84fc-2fb729bb3dd8>
- Gamon A and Lenne N (2012) *Meloidogyne chitwoodi* and *Meloidogyne fallax* in France: initial management experiences. EPP0 Bulletin, 42, 122-126.
- DeBrida AL, Castro BMC2, Zanuncio JC, Serrao JE and Wilcken SRS (2018) Oat, wheat and sorghum cultivars for the management of *Meloidogyne enterolobii*. *Nematology*, 20, 169-173.
- Guimaraes LMP, Moura RM de and Pedrosa EMR (2003) *Meloidogyne mayaguensis* parasitism on different plant species. *Nematologia Brasileira*, 27, 139-145.
- Hajihassani A, Rutter WB, Schwarz T, Woldemeskel M, Emran Ali ME and Hamidi N (2020) Characterization of resistance to major tropical root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in *Solanum sisymbriifolium*. *Phytopathology* 110, 666-673.
- Rodriguez MG, Sanchez L & Rowe J (2003) Host status of agriculturally important plant families to the root-knot nematode *Meloidogyne mayaguensis* in Cuba. *Nematropica*, 33, 125-130.
- Tiango M, de Siqueira K, Castagnone-Sereno P, Mulet K, Queiroz P, dos Santos M, Teixeira C, Almeida M, Silva J and Carneiro R (2010) Genetic diversity of the root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* and development of a SCAR marker for this guava-damaging species. *Plant Pathology* 59, 1054-1061
- Orui Y (1998) Identification of Japanese species of the genus *Meloidogyne* (Nematoda: Meloidogynenidae) by PCR-RFLP analysis. *Applied Entomology and Zoology* 33, 43-51.
- 水久保隆之・二井一禎 (編) (2014) 線虫学実験. 京都大学学術出版会、京都、 324 pp.
- Hu MX, Zhuo K and Liao JL (2011) Multiplex PCR for the simultaneous

- identification and detection of *Meloidogyne incognita*, *M. enterolobii*, and *M. javanica* using DNA extracted directly from individual galls. *Phytopathology* 101, 1270-1277.
- EPP0 (2016) PM 7/103 (2) *Meloidogyne enterolobii*. EPP0 Bulletin, 46, 190-201.
- Plant Pests and Diseases Programs / Golden Nematode.
<https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/planthealth/plant-pest-and-disease-programs/pests-and-diseases/golden-nematode/nematodes>
- Plant Pests and Diseases Programs / Pale cyst Nematode.
<https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/planthealth/plant-pest-and-disease-programs/pests-and-diseases/nematode/pcn>
- EPP0 (2018) PM 9/26 (1) National regulatory control system for *Globodera pallida* and *Globodera rostochiensis*. EPP0 Bulletin 48 (3), 516-532.
- 農林水産省 (2020) *Meloidogyne chitwoodi* (コロンビアネコブセンチュウ) に関する病害虫リスクアナリシス報告書
- 農林水産省 (2020) *Meloidogyne enterolobii*に関する病害虫リスクアナリシス報告書
- EPP0 (2011) *Meloidogyne enterolobii*. Bulletin OEPP/EPP0 Bulletin, 41, 329-339
- CABI (2019) *Meloidogyne chitwoodi*. In: Crop Protection Compendium. CAB International, Wallingford, UK. (Online) available from
 <<https://www.cabi.org/cpc/datasheet/33235>> (Last modified: 2019-11-22)