



جمهوری اسلامی ایران

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان حفظ نباتات کشور



راهنمای شناسائی و ردیابی

آفت قرنطینه خارجی

**نماتد گره ریشه برنج**

**Rice-knot nematode**

***Meloidogyne graminicola* Golden & Birchfield  
1965**

**Nematoda: Meloidogynidae**

تهیه و تنظیم:

احمد چراغیان

دفتر پایش و تحلیل خطر

1404

## نماتد گره ریشه برنج

### *Meloidogyne graminicola* Golden & Birchfield 1965

Domain: Eukaryota

Kingdom: Metazoa

Phylum: Nematoda

Family: Meloidogynidae

#### Common names:

Columbia root-knot nematode

#### اهمیت اقتصادی:

*M. graminicola* می‌تواند باعث کاهش اقتصادی عملکرد در برنج‌های مناطق مرتفع، پست و آب‌های عمیق شود. در برنج مناطق مرتفع، به ازای هر 1000 نماتد موجود در اطراف نهال‌های جوان، کاهش 2.6 درصدی در عملکرد دانه وجود دارد. سطوح جمعیتی که باعث 10 درصد کاهش عملکرد برنج مناطق مرتفع می‌شوند، 120، 250 و 600 تخم در هر گیاه در سن 10، 30 و 60 روزگی گیاهان در محصولات کشت مستقیم هستند (Rao et al., 1986). در برنج غرقابی، خسارت توسط *M. graminicola* در نهالستان‌ها قبل از نشاکاری ایجاد می‌شود - حد تحمل نهال‌ها کمتر از J2 1 در هر سانتی‌متر مکعب خاک است (Plowright and Bridge, 1990). خسارت همچنین قبل از غرقابی شدن رخ می‌دهد، جایی که برنج مستقیماً در خاک‌های با زهکشی خوب کاشته می‌شود. آزمایش‌ها نشان داده‌اند که 4000 نماتد جوان در هر گیاه *M. graminicola* می‌تواند با غرقاب شدن، باعث تخریب تا 72 درصد از گیاهان برنج مناطق عمیق شود. تلفات به این بزرگی در مزرعه بعید است زیرا جمعیت ریشه‌های طبیعی به طور قابل توجهی متفاوت است. لذا با توجه به اهمیت خسارتزائی نماتدمذکور در لیست آفات قرنطینه ای ایران و بسیاری از کشورها قرار گرفته است.

#### میزبانها:

میزبانهای اصلی:

*Oryza sativa* (rice), *Poaceae* (grasses)

میزبانهای فرعی:

*Allium cepa* (onion), *Brassica*, *Eleusine coracana* (finger millet), *Glycine max* (soyabean), *Panicum miliaceum* (millet), *Sorghum bicolor* (sorghum), *Triticum aestivum* (wheat), *Zea mays* (maize)

## پراکنش جغرافیائی:

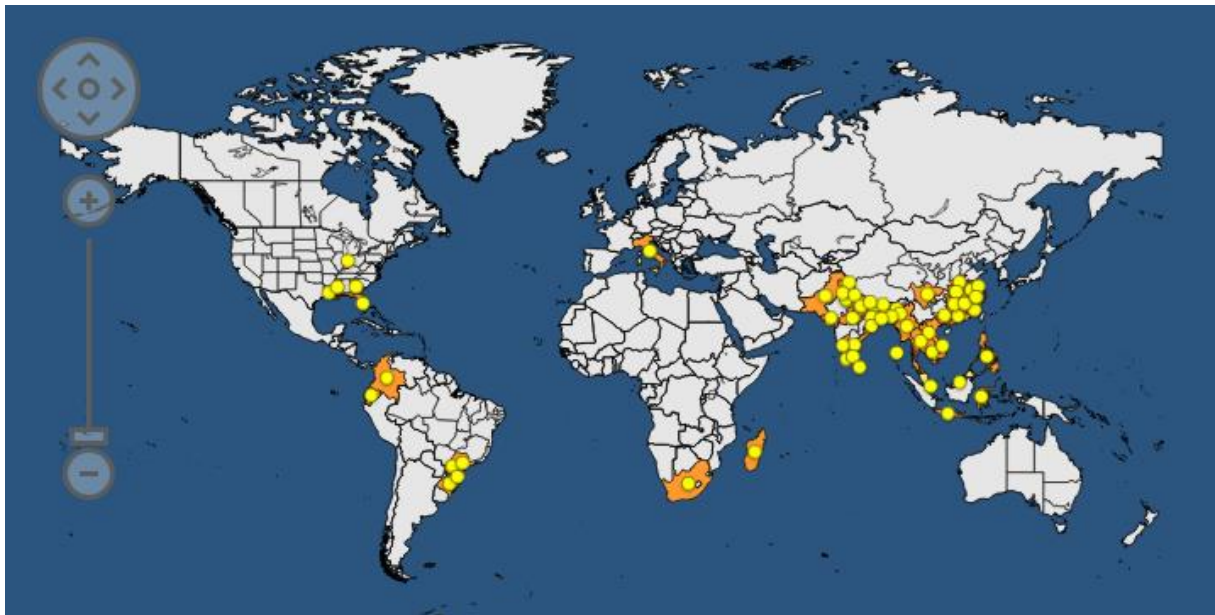
اروپا: ایتالیا.

آسیا: بنگلادش، کامبوج، چین، ہند، اندونزی، لائوس، مالزی، میانمار، نپال، پاکستان، فیلیپین، سنگاپور، سریلانکا، تایلند، ویتنام.

آفریقا: موزامبیک، آفریقای جنوبی.

آمریکای شمالی: امریکا.

آمریکای جنوبی: برزیل، کلمبیا، اکوادور.



نقشه پراکندگی نماتد گره ریشه برنج

## شکل شناسی:

### Measurements (After Golden and Birchfield, 1965)

20 females: L = 0.445-0.765 (0.573) mm; width = 0.275-0.520 (0.419) mm; a = 1.2-1.8 (1.37); stylet = 10.64-11.20 (11.08)  $\mu$ m.

20 males: L = 1.020-1.428 (1.222) mm; a = 72.8-215.0 (117.4); length of oesophagus (anterior end to base of oesophagus) = 196.0-250.0 (222.0)  $\mu$ m; stylet = 16.24-17.36 (16.8)  $\mu$ m.

20 second-stage juveniles: L = 0.415-0.484 (0.441) mm; a = 22.3-27.3 (24.8); b = 2.9-4.0 (3.2); c = 5.5-6.7 (6.2); stylet = 11.20-12.32 (11.38)  $\mu$ m.

20 eggs: L = 96-101 (99)  $\mu$ m; width = 42-47 (44)  $\mu$ m.

توصیف (برگرفته از Mulk، ۱۹۷۶)

#### ماده

سفید مرواریدی، کروی تا گلابی شکل با گردن کوچک؛ کوتیکول به طور مشخص حلقه دار اما اغلب با نقاط نامنظم مشخص شده است. ناحیه لب صاف، در قسمت قدامی مسطح، به طور مشخص از گردن جدا نشده و دارای چارچوب نامشخص است. استایلت باریک و ظریف؛ برآمدگی‌ها گرد با حاشیه‌های قدامی شیب‌دار به سمت عقب. دهانه غده مری پستی ۳.۲ (۲.۸-۳.۹) میکرومتر پشت پایه استایلت. منفذ دفعی آشکار، در جلوی حباب میانی مری، به طول بیش از یک استایلت در پشت برآمدگی‌های استایلت و ۷-۱۶ حلقه در پشت ناحیه لب. پروکوپوس استوانه‌ای کشیده؛ پیاز میانی مری بزرگ، واقع در قسمت عقب گردن، بسیار عضلانی، گرد تا نیمکره‌ای، ۲۰-۲۳ میکرومتر طول و ۱۰-۱۲ میکرومتر عرض با دریچه‌ای با کوتیکول‌های قوی در وسط؛ تنگه کوتاه و باریک؛ سه غده مری، هر کدام با یک هسته برجسته، به صورت شکمی و شکمی-جانبی روی روده امتداد یافته‌اند. حلقه عصبی مبهم است.

دو تخمدان، به خوبی توسعه یافته، پیچیده، حفره بدن را پر کرده و روی روده را پوشانده‌اند؛ رحم با چندین تخمک. شش غده رکتوم بزرگ تک هسته‌ای و شعاعی با هسته‌های برجسته، رکتوم را احاطه کرده‌اند. الگوی کوتیکولی خلفی (= الگوی پرینه) بیضی شکل پستی-شکمی، گاهی اوقات تقریباً دایره‌ای؛ قوس پستی پایین با خطوط صاف؛ نوک دم با خطوط برجسته، درشت، نسبتاً جدا از هم و نامنظم مشخص شده و یک حلقه دم نامنظم را تشکیل می‌دهند؛ گاهی اوقات چند خط در دو انتهای فرج همگرا می‌شوند. زمینه‌های جانبی مبهم یا وجود ندارند. چند خط زیگزاگ نامنظم، کوتاه و مشخص، متمایز از بقیه و قطع کننده الگوی کلی، آن را از سایر گونه‌ها متمایز می‌کند. فاسمیدها ریز، نسبتاً نزدیک به هم؛ فاصله بین فاسمیدها حدود دو سوم طول فرج است. فاصله از مخرج تا فرج حدود ۲.۵-۳.۰ برابر فاصله بین مخرج و سطح فاسمیدها است.

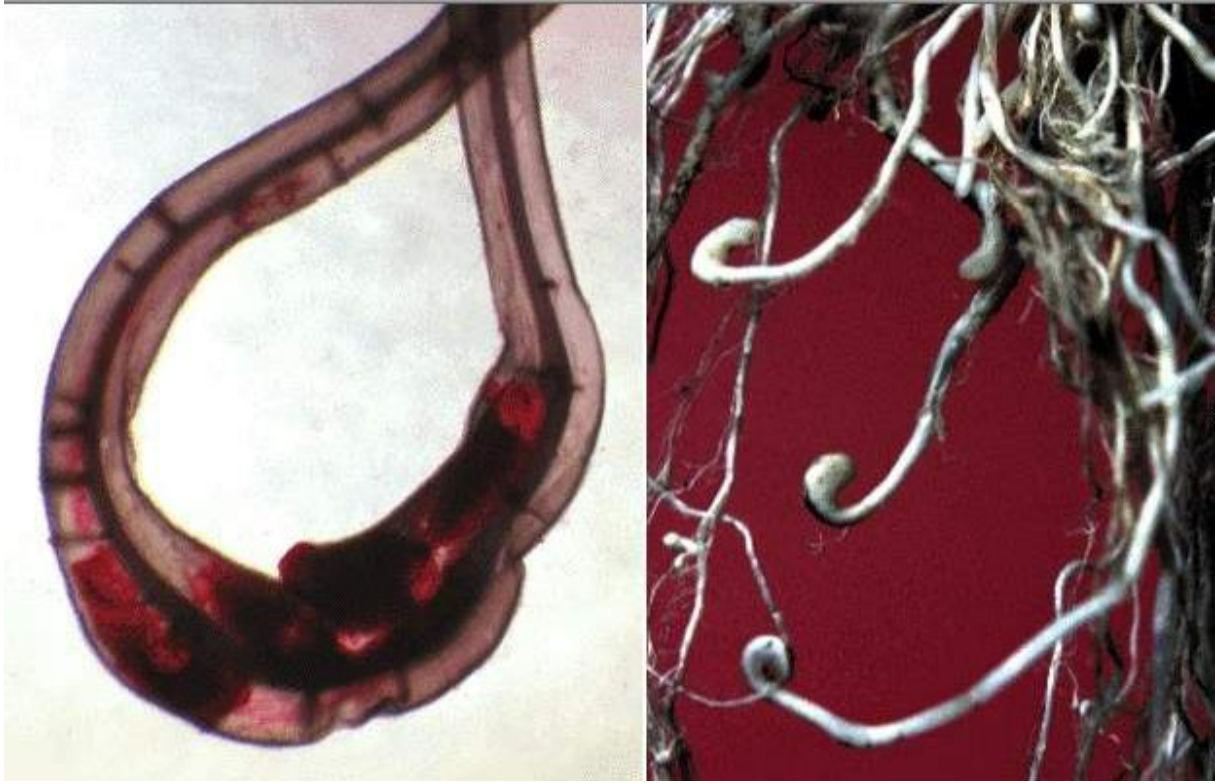
#### نر

بدن استوانه‌ای، کرمی شکل، به سمت جلو باریک‌تر از انتهای خلفی. کوتیکول به طور برجسته حلقه دار. حلقه‌ها حدود ۲.۱ تا ۲.۵ میکرومتر از هم فاصله دارند و نزدیک به وسط بدن قرار دارند. ناحیه لب‌ها در امتداد بدن یا کمی با یک انقباض، تقریباً صاف در جلو، به ارتفاع ۳.۵ تا ۴.۰ میکرومتر و عرض ۸.۵ تا ۹.۰ میکرومتر، شامل یک حلقه لبی برجسته و به دنبال آن ۱ یا گاهی اوقات ۲ لبی عرضی. چارچوب سفالیک به طور قابل توجهی اسکروتیزه شده. استایلت نسبتاً قوی با برآمدگی‌های گرد و شیب‌دار به سمت عقب، به عرض ۳.۵ تا ۴.۰ میکرومتر؛ قسمت مخروطی قدامی استایلت حدود ۵۰٪ از کل طول. دهانه غده مری پستی ۳.۵-۴.۸ میکرومتر (طبق گفته گلدن و بیرچفیلد، ۱۹۶۵، ۲.۸۰-۳.۹۲ میکرومتر) از پایه استایلت. سفالیدهای قدامی و خلفی در حدود حلقه‌های دوم و هفتم پشت ناحیه لب. منفذ دفعی مشخص، ۵۱-۶۴ حلقه در پشت ناحیه لب (حدود ۰-۷ حلقه در خلف حلقه عصبی). همیزونید ۱-۲ حلقه عرض دارد، ۱-۳ حلقه در جلوی منفذ دفعی. همیزونید چند حلقه در پشت منفذ دفعی دارد اما نامشخص است.

پروکوریوس کشیده، استوانه‌ای، پهن‌تر از ایسموس. پیاز میانی مری، نیم‌کره تا دوکی شکل با دریچه‌ای با کوتیکول‌های قوی در وسط. ایسموس، لوله‌ای باریک است که توسط حلقه عصبی در نزدیکی وسط احاطه شده است. سه غده مری که یک لوب فشرده را تشکیل می‌دهند، در قسمت شکمی و شکمی-جانبی روی روده قرار گرفته‌اند. میدان‌های جانبی ۷.۷ (۶.۲-۹.۵) میکرومتر عرض یا حدود یک چهارم عرض بدن، با ۴ شیار در نمونه‌های جوان و ۸ شیار در نمونه‌های بزرگ و پیر، نزدیک به قسمت میانی بدن مشخص شده‌اند. شیارهای بیرونی کنگره‌دار و نوارهای بیرونی در انتهاها جدا شده‌اند. بیضه منفرد، کشیده، گاهی اوقات به سمت جلو رفلکس می‌شود. اسپیکول‌ها در نزدیکی وسط، قوسی یا کمی خمیده در قسمت شکمی، به طول ۲۸.۱ (۲۷.۴-۲۹.۱) میکرومتر در قسمت میانی. گوبرناکولوم میله‌ای شکل ۶.۱ (۵.۶-۶.۷) میکرومتر طول دارند. دم ۱۱.۱ (۶.۲-۱۵.۱) میکرومتر عرض با انتهای صاف. فاسمیدها کوچک، پس مقعدی، نزدیک وسط دم قرار دارند.

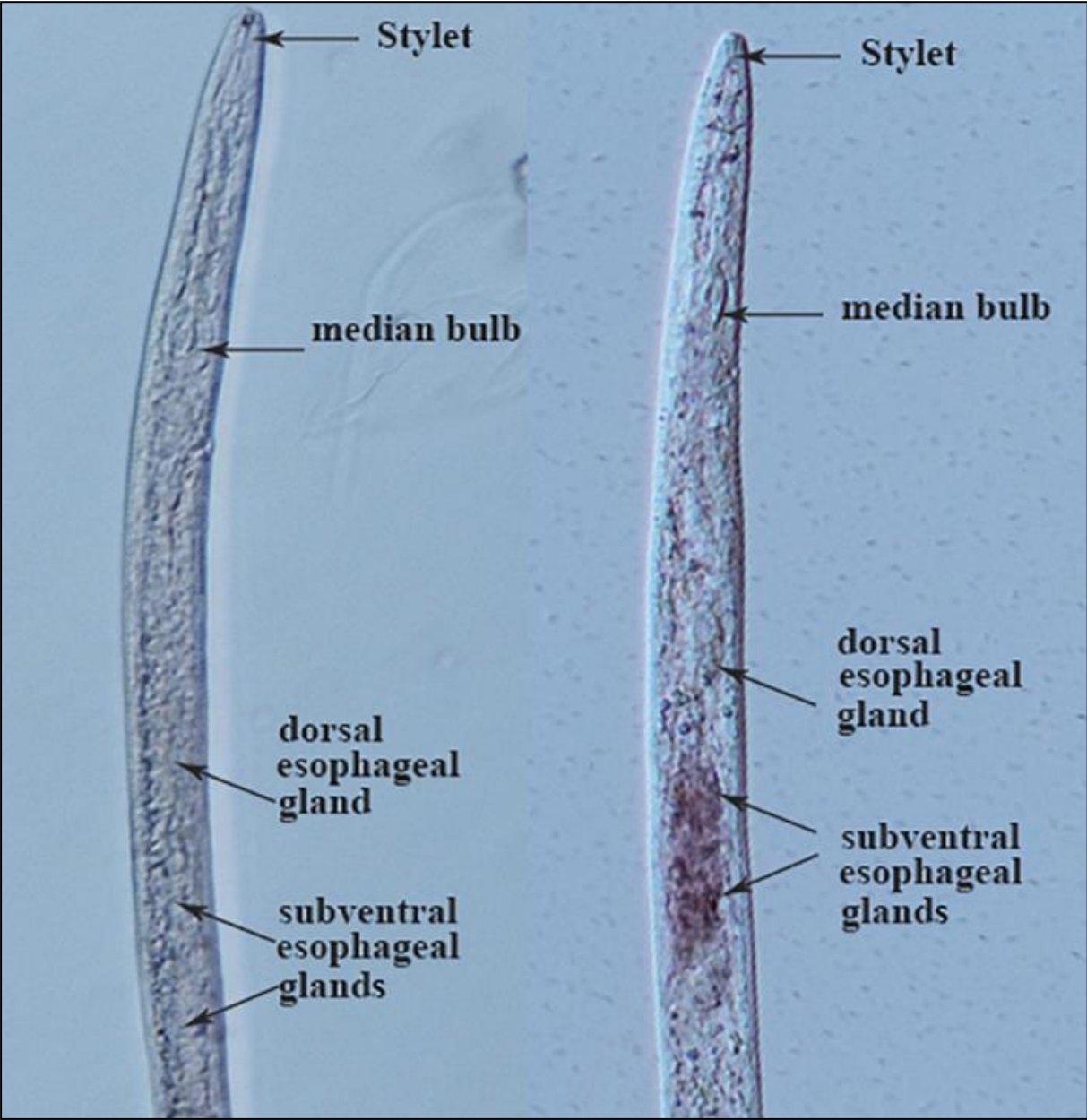
#### نوزادهای سن دوم

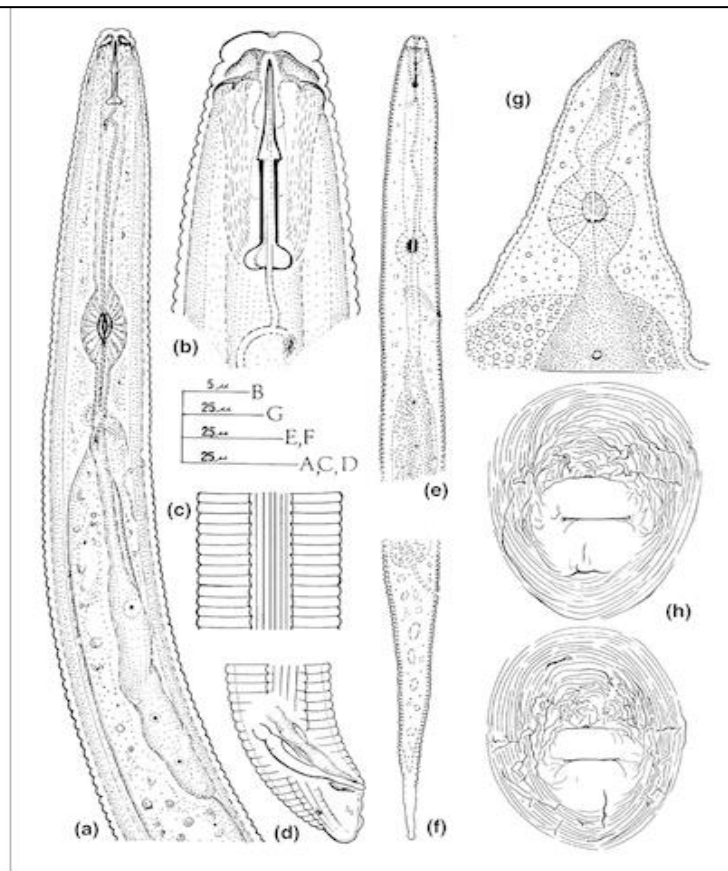
بدن استوانه‌ای، کرمی شکل، به سمت انتهای خلفی باریک می‌شود. کوتیکول با خطوط عرضی مشخص، حدود ۱ میکرومتر از هم در نزدیکی وسط بدن، مشخص شده است. ناحیه لب در امتداد بدن، به طور ضعیفی اسکروتیزه شده، با ۳ حلقه پس از لبی کمرنگ مشخص شده است. استایلت ظریف با برآمدگی‌های گرد و شیب‌دار به سمت عقب. دهانه غده مری پشتی ۲.۸ (۲.۸-۳.۴) میکرومتر از پایه استایلت فاصله دارد. منفذ دفعی در سطح حلقه عصبی یا کمی عقب‌تر است. همی‌زونید درست جلوی منفذ دفعی قرار دارد. پیاز میانی مری گرد، تقریباً کروی، با دریچه انکساری برجسته. قسمت‌های جانبی با ۳ شیار، که یک چهارم تا یک سوم عرض بدن را نزدیک به وسط اشغال می‌کنند. شیارهای بیرونی به طور ظریف کنگره‌دار هستند. دم ۷۰.۹ (۶۷.۰-۷۶.۰) میکرومتر طول دارد، شامل قسمت شفاف خلفی با حلقه‌های نامنظم که ۱۷.۹ (۱۴.۰-۲۱.۲) میکرومتر طول دارد و ۴-۵ برابر عرض بدن در ناحیه مخرج است. انتهای دم گرد، اغلب کمی چماقی شکل است.



*.Females and symptoms on roots: Left: Female nematodes and eggs inside rice root gall*

*.Right: Characteristic hooked, root tip galls on rice*

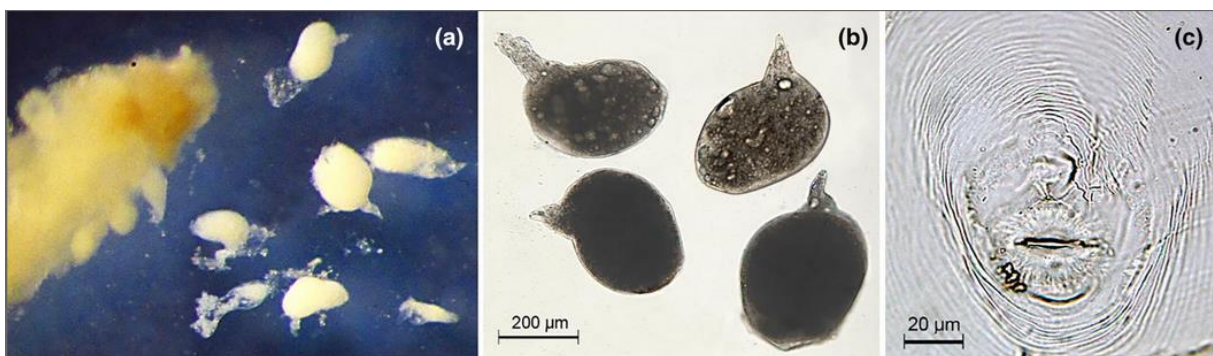




**FIGURE 4**

[Open in figure viewer](#) | [PowerPoint](#)

*Meloidogyne graminicola* (a–d) Male. (a) Pharyngeal region. (b) Head end. (c) Lateral field near mid-body. (d) Tail end (e, f) Second-stage juvenile anterior and posterior end, respectively; (g) Anterior end of mature female; (h) Perineal pattern; (after Mulk, 1976, C.I.H., Set 6, No. 87).



***Meloidogyne graminicola* isolates from Piedmont (Italy). Females extracted from a rice root (a, b). Female perineal pattern (c). (a–c: Courtesy CNR-IPSP, IT).**

## زیست‌شناسی و اکولوژی:

### زیست‌شناسی

*M. graminicola* در خاک‌های مرتفع، خاک‌های غرقاب کم‌عمق و خاک‌های غرقاب عمیق یافت می‌شود. این گونه به خوبی با شرایط غرقاب سازگار شده و می‌تواند در خاک غرقاب به صورت تخم در توده‌های تخم یا به صورت لارو برای مدت طولانی زنده بماند. تعداد *M. graminicola* پس از 4 ماه به سرعت کاهش می‌یابد، اما برخی از توده‌های تخم می‌توانند حداقل 14 ماه در خاک غرقاب زنده بمانند (Roy, 1982). *M. graminicola* می‌تواند در خاک غرقاب شده تا عمق 1 متر به مدت حداقل 5 ماه زنده بماند (Bridge and Page, 1982)، نمی‌تواند در شرایط غرقاب به برنج حمله کند، اما وقتی خاک‌های آلوده زهکشی می‌شوند، به سرعت حمله می‌کند (Manser, 1968). همه گونه‌های *Meloidogyne* می‌توانند در خاک و روی نهال‌های سایر میزبان‌های زراعی کاشته شده در مزرعه پخش شوند. از آنجا که *M. oryzae* و به ویژه *M. graminicola* در برنج غرقاب یافت می‌شوند، خطر اضافی انتشار در آبیاری و آب روان وجود دارد.

### چرخه زندگی

*M. graminicola* از بنگلادش چرخه زندگی بسیار کوتاهی روی برنج دارد که کمتر از 19 روز در دمای 22 تا 29 درجه سانتیگراد است (Bridge and Page, 1982) و یک جدایه از ایالات متحده آمریکا چرخه زندگی خود را در 23 تا 27 روز در دمای 26 درجه سانتیگراد تکمیل کرد (Yik and Birchfield, 1979). در هند، چرخه زندگی *M. graminicola* بسته به زمان سال، 26 تا 51 روز گزارش شده است (Rao and Israel, 1973).  
جوانه‌های آلوده و مرحله دوم *M. graminicola* در شرایط کوهستانی درست پشت نوک ریشه به ریشه‌های برنج حمله می‌کنند (Buangsuwon et al., 1971; Rao and Israel, 1973). ماده‌ها در داخل ریشه رشد می‌کنند و تخم‌ها عمدتاً در قشر ریشه گذاشته می‌شوند (Roy, 1976a). لاروها می‌توانند در گال مادری باقی بمانند یا به صورت بین سلولی از طریق بافت‌های آثرنشیماتوی قشر ریشه به مکان‌های تغذیه‌ای جدید در همان ریشه مهاجرت کنند (بریج و پیچ، ۱۹۸۲). به نظر می‌رسد این رفتار، سازگاری *M. graminicola* با شرایط غرقابی باشد که آن را قادر می‌سازد حتی زمانی که ریشه‌ها عمیقاً توسط آب پوشیده شده‌اند، به تکثیر در بافت‌های میزبان ادامه دهد. لاروهایی که از ریشه‌های برنج در خاک غرقابی مهاجرت می‌کنند، نمی‌توانند دوباره حمله کنند.

## علائم خسارت:

*M. graminicola* را می‌توان هنگام ریشه‌کن کردن گیاهان تشخیص داد، زیرا باعث ایجاد تورم و گال در سراسر سیستم ریشه می‌شود. نوک ریشه‌های آلوده متورم و قلاب‌دار می‌شوند، علامتی که به ویژه مشخصه این نماتد است. در شرایط مرتفع و زمین‌های کم‌عمق که به طور متناوب غرقاب می‌شوند، می‌تواند باعث کاهش شدید رشد، پرنشیدن سنبلچه‌ها، کاهش پنجه‌زنی، کلروز، پژمردگی و عملکرد ضعیف شود. علائم اغلب به صورت لکه‌هایی در مزرعه ظاهر می‌شوند.

*M. graminicola* به عنوان عامل آسیب جدی به برنج آب‌های عمیق شناخته شده است. قبل از غرقاب شدن، علائم، کوتولگی و کلروز معمولی گیاهان جوان است. هنگامی که غرقاب شدن رخ می‌دهد، گیاهان غرقاب شده با گال‌های شدید ریشه قادر به طویل شدن سریع نیستند و از سطح آب بیرون نمی‌آیند (بریج و پیچ، ۱۹۸۲). این باعث مرگ یا غرق شدن گیاهان می‌شود و لکه‌هایی از آب باز در مزارع غرقاب شده باقی می‌گذارد.

علائم بر اساس قسمت گیاه آسیب دیده

ریشه‌ها: گال‌ها؛ سیستم ریشه کاهش یافته؛ ریشه‌های متورم.

دانه‌ها: دانه‌های خالی.

کل گیاه: کوتولگی..





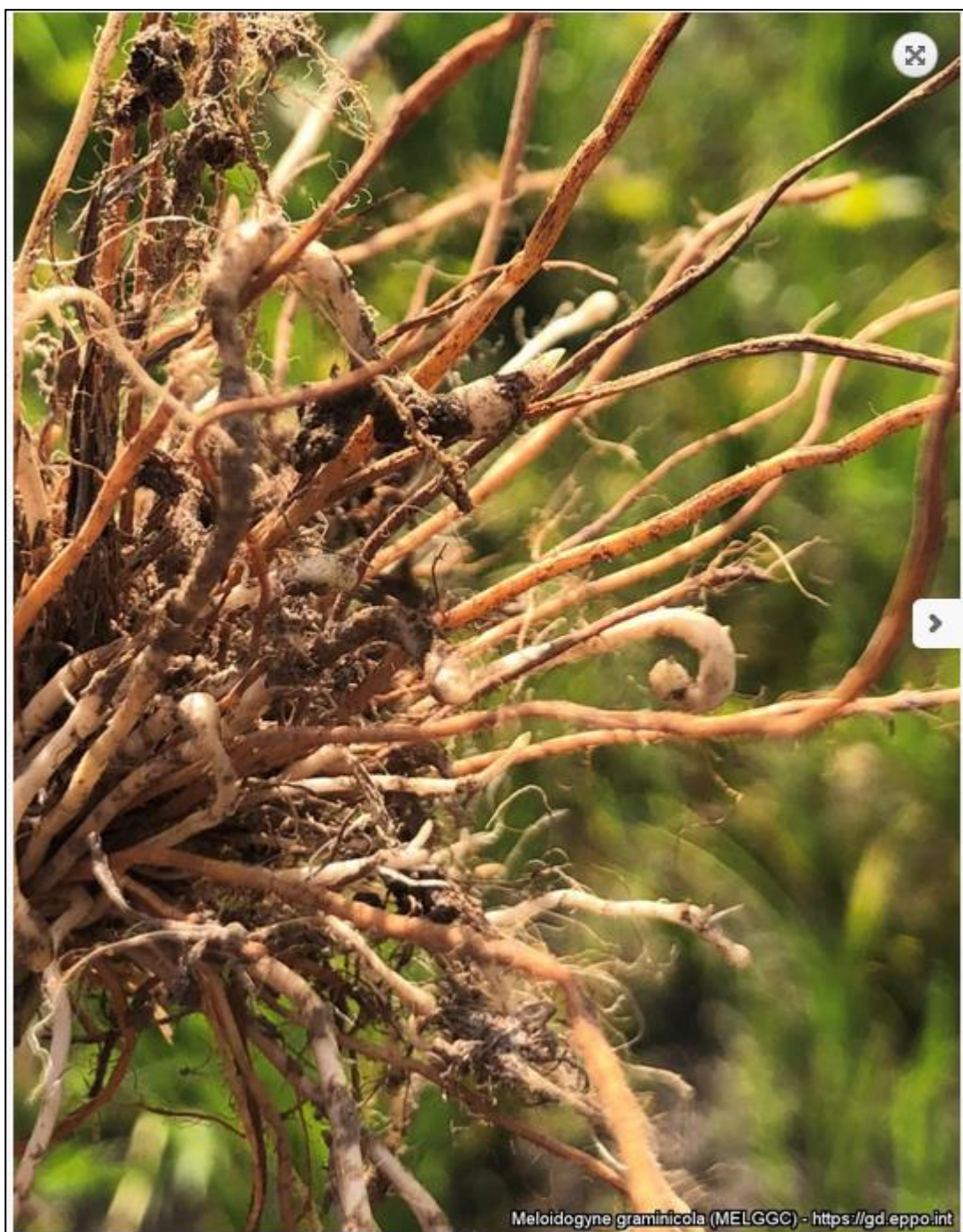
علائم مشخص آلودگی به نماتد گره ریشه برنج



علائم مشخص آلودگی به نماتد گره ریشه برنج



علائم مشخص آلودگی به نماتد گره ریشه برنج



علائم مشخص آلودگی به نماتد گره ریشه برنج

## راههای انتقال و انتشار:

**بخش‌هایی از گیاهان که در تجارت/حمل و نقل مستعد حمل آفت هستند**

- پیازها/غده‌ها/بینه‌ها/ریزوم‌ها: تخم‌ها، گیاهان جوان، بالغ؛ به صورت داخلی منتقل می‌شوند؛ به صورت خارجی منتقل می‌شوند؛ زیر میکروسکوپ نوری قابل مشاهده هستند.
- محیط کشت گیاهان همراه: تخم‌ها، گیاهان جوان، بالغ؛ به صورت خارجی منتقل می‌شوند؛ زیر میکروسکوپ نوری قابل مشاهده هستند.
- نهال‌ها/گیاهان ریزازدیادی: تخم‌ها، گیاهان جوان، بالغ؛ به صورت داخلی منتقل می‌شوند؛ به صورت خارجی منتقل می‌شوند؛ زیر میکروسکوپ نوری قابل مشاهده هستند.
- ریشه‌ها: تخم‌ها، گیاهان جوان، بالغ؛ به صورت داخلی منتقل می‌شوند؛ به صورت خارجی منتقل می‌شوند؛ زیر میکروسکوپ نوری قابل مشاهده هستند.

**بخش‌هایی از گیاه که مشخص نیست در تجارت/حمل و نقل، حامل آفت باشند**

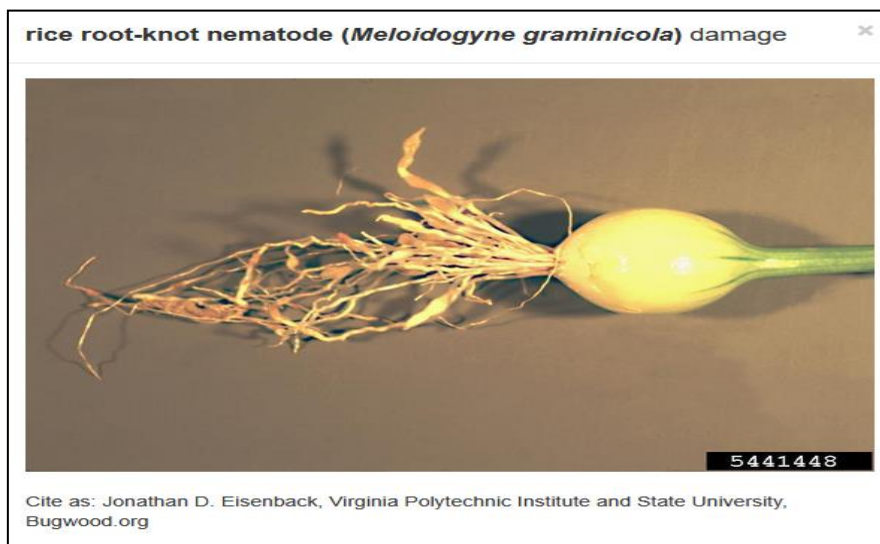
- پوست درخت
- میوه‌ها (شامل غلاف‌ها)
- گل‌ها/گل‌آذین‌ها/مخروط‌ها/کاسه گل
- برگ‌ها
- ساقه‌ها (بالای زمین)/شاخه‌ها/تنه‌ها/شاخه‌ها
- دانه‌های واقعی (شامل دانه)
- چوب.

**مسیرهای حمل و نقل برای جابجایی در مسافت‌های طولانی**

- وسایل حمل و نقل (وسایل نقلیه حمل و نقل): تخم‌ها و لاروها در خاک.
- نامه: تخم‌ها و لاروها در خاک.
- ظروف و بسته‌بندی: تخم‌ها و لاروها در خاک.
- خاک، شن، آب و غیره: تخم‌ها و لاروها در خاک.
- مسافران و چمدان‌ها: تخم‌ها و لاروها در خاک..

## اقدامات قرنطینه‌ای:

این یک آفت قرنطینه‌ای در همه کشورها، به ویژه کشورهای برنج‌کار است که هنوز در آنها یافت نمی‌شود. از آنجا که ممکن است نماتد مذکور به همراه محموله‌های میزبان وارداتی از جمله غدد بذرری سیب زمینی و پیاز گل‌های زیتنی وارد کشور شود، لازم است محموله‌های وارداتی از کشورهای آلوده به دقت بررسی و هر ساله مناطق کاشت گیاهان میزبان جهت شناسایی این نماتد مورد بررسی و ردیابی قرار گیرند.



## روشهای ردیابی و بازرسی:

*M. graminicola* را می‌توان هنگام ریشه‌کن کردن گیاهان تشخیص داد، زیرا باعث ایجاد تورم و گال در سراسر سیستم ریشه می‌شود. نوک ریشه‌های آلوده متورم و قلاب‌دار می‌شوند، که علامتی است که به ویژه مشخصه این نماتد می‌باشد. در شرایط مرتفع و زمین‌های کم‌عمق که به طور متناوب غرقاب می‌شوند، می‌تواند باعث کاهش شدید رشد، پرنشیدن سنبلچه‌ها، کاهش پنجه‌زنی، کلروز، پژمردگی و عملکرد ضعیف شود. علائم اغلب به صورت لکه‌هایی در مزرعه ظاهر می‌شوند.

*M. graminicola* به عنوان عامل آسیب جدی به برنج آب‌های عمیق شناخته شده است. قبل از غرقاب شدن، علائم معمول کوتاه‌قدی و کلروز گیاهان جوان است. هنگامی که غرقاب شدن رخ می‌دهد، گیاهان غرقاب شده با گال‌های شدید ریشه قادر به طویل شدن سریع نیستند و از سطح آب بیرون نمی‌آیند (بریج و پیج، ۱۹۸۲). این باعث مرگ یا غرق شدن گیاهان می‌شود و لکه‌هایی از آب باز در مزارع غرقاب شده باقی می‌گذارد.

### روشهای استخراج نماتد از گیاه:

**روش مستقیم:** در این روش اندامهای گیاهی مورد نظر را با قیچی خرد نموده، قطعاتی از آن را در داخل آب و پتری قرار داده و نماتدها را با سوزن و چاقوی مخصوص از نسوج گیاهی استخراج می‌نمایند. این روش ساده‌ترین روش بررسی است و معمولاً با بینوکولر انجام می‌شود.

**روش رنگ‌آمیزی:** در این روش برشهای باریک و ریزی از اندامهای گیاه تهیه و سپس آنها را به کمک مواد شیمیایی از جمله کاتن بلو و یا اسیدفوشین رنگ‌آمیزی می‌کنند. با این روش نماتدها بهتر مشخص شده و قابل رویت خواهند بود.

روش سانتریفوژ: اندامهای گیاهی را با قیچی به قطعات کوچک خرد کرده و سپس در دستگاه خردکن کاملاً خرد کرده و از الک 60 مش عبور می‌دهند. آب بدست آمده از زیر الک را روی الک 400 مش ریخته و مواد بدست آمده از روی الک را با آب به داخل لوله‌های سانتریفوژ می‌شویند. سپس لوله‌ها را روی ترازو قرار داده یک قاشق پودر کائولین به آنها اضافه کرده و خوب به هم زده و توزین می‌نمایید. سپس لوله‌ها را در دستگاه سانتریفوژ قرار داده و به مدت 10 دقیقه در 4000 دور در دقیقه می‌چرخانند تا نماتد به همراه پودر کائولین رسوب نماید. بعد از توقف سانتریفوژ، آب اضافی لوله‌ها را خارج نموده و به جای آن شربت قند اضافه و دوباره با ترازو وزن لوله‌ها را مساوی می‌کنند. (برای تهیه محلول شکر با وزن مخصوص 1/18 ، مقدار 700 میلی‌لیتر آب در داخل مزور یک لیتری ریخته و آن قدر شکر به آب اضافه می‌کنند تا حجم آن به یک لیتر برسد و حل شود).

مواد ته نشست و شربت قند در لوله‌ها را مجدداً به صورت سوسپانسیون در می‌آورند. در ادامه لوله‌ها را در دستگاه سانتریفوژ قرار داده و به مدت یک دقیقه در همان سرعت چرخانیده تا نسوج و پودر کائولین ته نشین شده و نماتدها در شربت قند معلق بمانند. پس از توقف سانتریفوژ، محتویات لوله‌ها را روی الک 400 مش ریخته و با آب آن را می‌شویند و نماتدهای شسته شده را درون بشر می‌ریزند و سپس اقدام به مشاهده نماتدهای استخراج شده توسط بینوکلر و میکروسکوپ می‌نمایند.



مراحل استخراج نماتد از اندام گیاهی (بافت ریشه) و بررسی آزمایشگاهی

## منابع :

CAB International. 2025. Crop Protection Compendium. 2025 Edition . CAB, International . Wallingford, Oxon, UK.

<https://gd.eppo.int/taxon/MELGGC/distribution>

<https://gd.eppo.int/taxon/melggc/photos>

[https://www.frontiersin.org/files/Articles/651627/fpls-12-651627-HTML/image\\_m/fpls-12-651627-g002.jpg](https://www.frontiersin.org/files/Articles/651627/fpls-12-651627-HTML/image_m/fpls-12-651627-g002.jpg)

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/epp.13054?af=R>

<https://www.insectimages.org/browse/subthumb.cfm?sub=20388&area=86>