



سیرانه‌گذاری برای تولید

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی



موسسه آموزش و ترویج کشاورزی

معاونت علمی و فناوری

شبکه دانش کشاورزی

سلسله برنامه‌های ویدیو کنفرانس انتقال دانش به روز در گستره ملی بخش کشاورزی

عنوان:

خاکهای بازدارنده و نمادهای انگل گیاهی

سخنران:

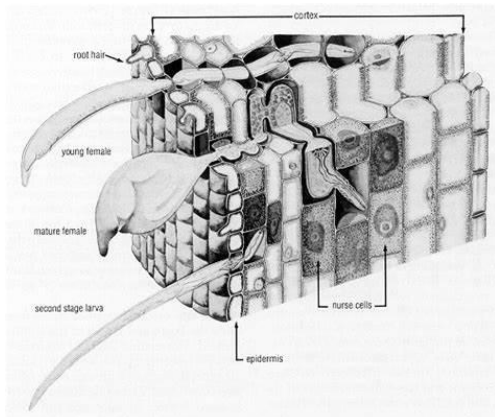
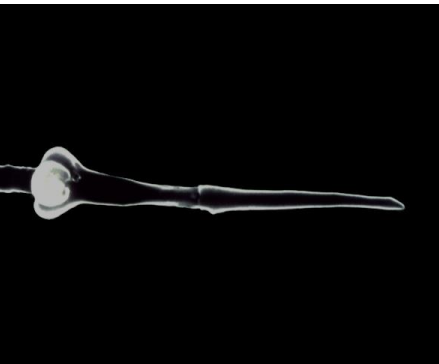
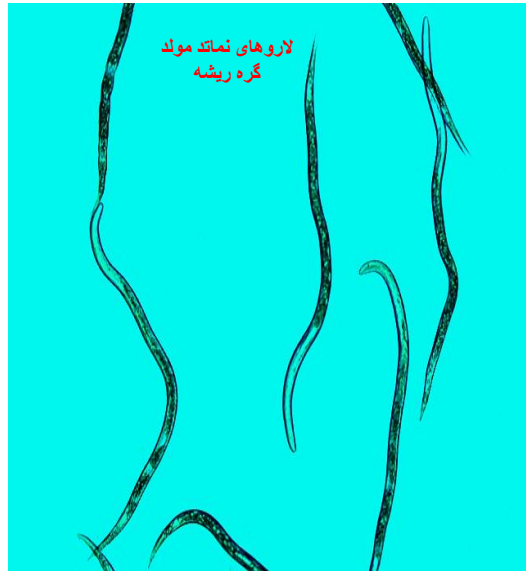
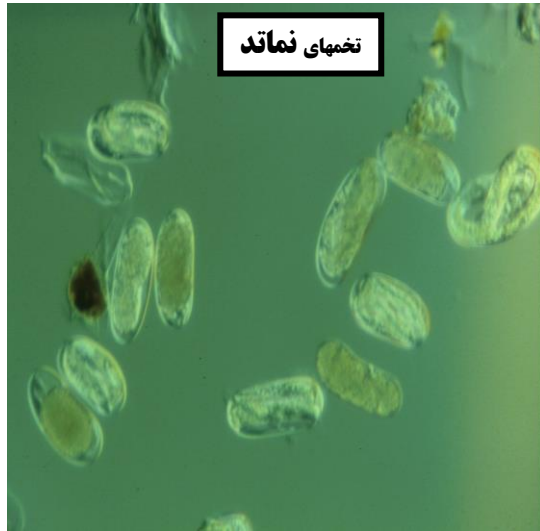
فرهاد سعیدی نائینی

عضو هیات علمی بخش تحقیقات نماتدشناسی گیاهی موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

۵ اسفندماه ۱۴۰۴ - ساعت: ۱۰

اهمیت نماتدهای انگل گیاهی

- توقف رشد بوته ها
- زردی برگها
- ضعف عمومی بوته
- ریزش شدن برگها
- کاهش شدید گلدهی
- گره گره شدن ریشه های فرعی



انواع مهم نماتدهای انگل

Cyst nematode: *Heterodera* spp.



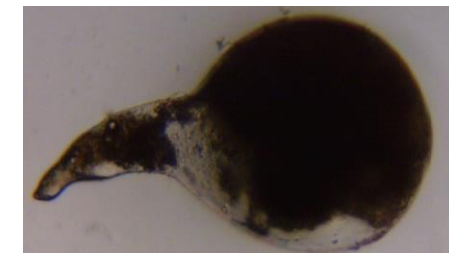
Citrus nematode: *Tylenchulus semipenetrans*



Root lesion nematode: *Pratylenchus* spp.



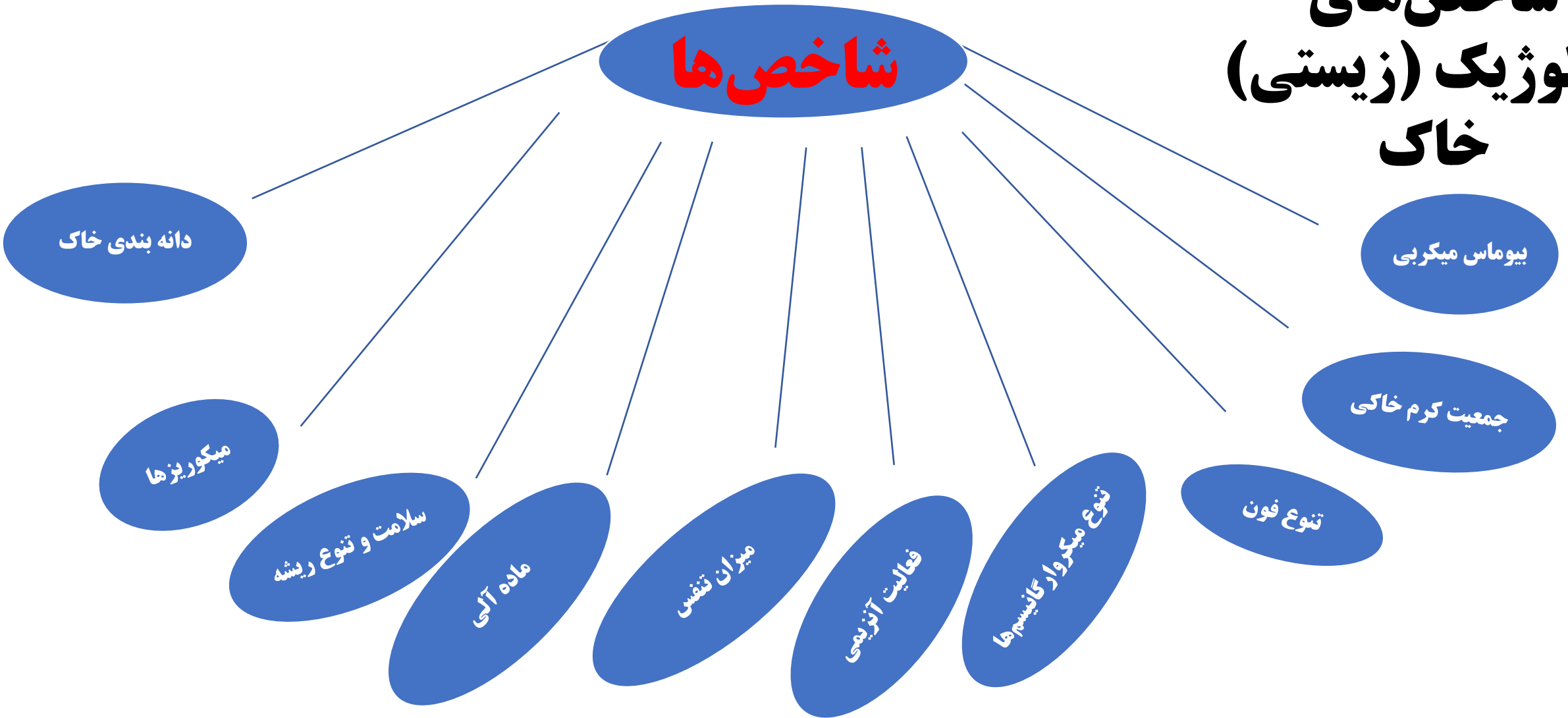
Root-knot nematode: *Meloidogyne* spp.







شاخص‌های بیولوژیک (زیستی) خاک



Healthy Soil → Healthy Root → Healthy Plant → Healthy Product

مفهوم «خاک مساعد» و «خاک بازدارنده»

- **خاک مساعد** (Conducive Soil): خاکی که در آن نماتد به خوبی استقرار یافته، تکثیر می شود و شدت بیماری بالا است.

A battlefield beneath our feet

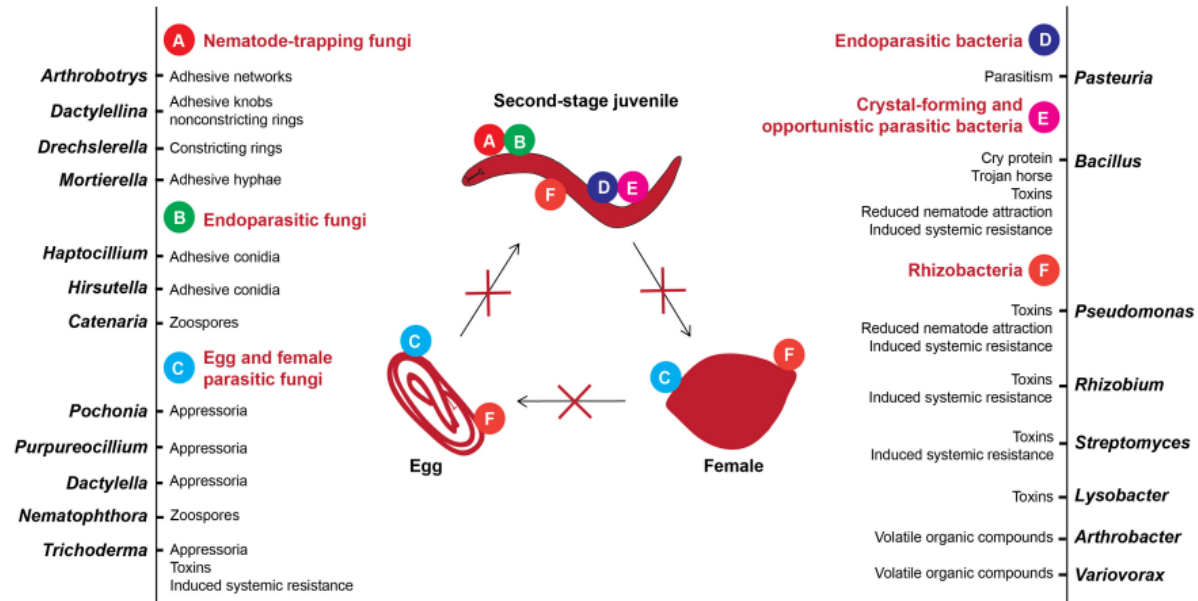
- **خاک بازدارنده** (Suppressive Soil): خاکی که در آن علی رغم حضور میزبان و نماتد، شدت بیماری و جمعیت نماتد پایین می ماند.

**How can plants protect themselves
if they can't run away from danger?**

انواع بازدارندگی خاک

- بازدارندگی عمومی (General): ناشی از فعالیت کلی میکروبی و ماده آلی، بر طیف وسیعی از بیماری‌ها اثر دارد.

A typical epitome of cumulative soil microbiome competitive activities, is supposed to act against a wide range of soil-borne diseases.

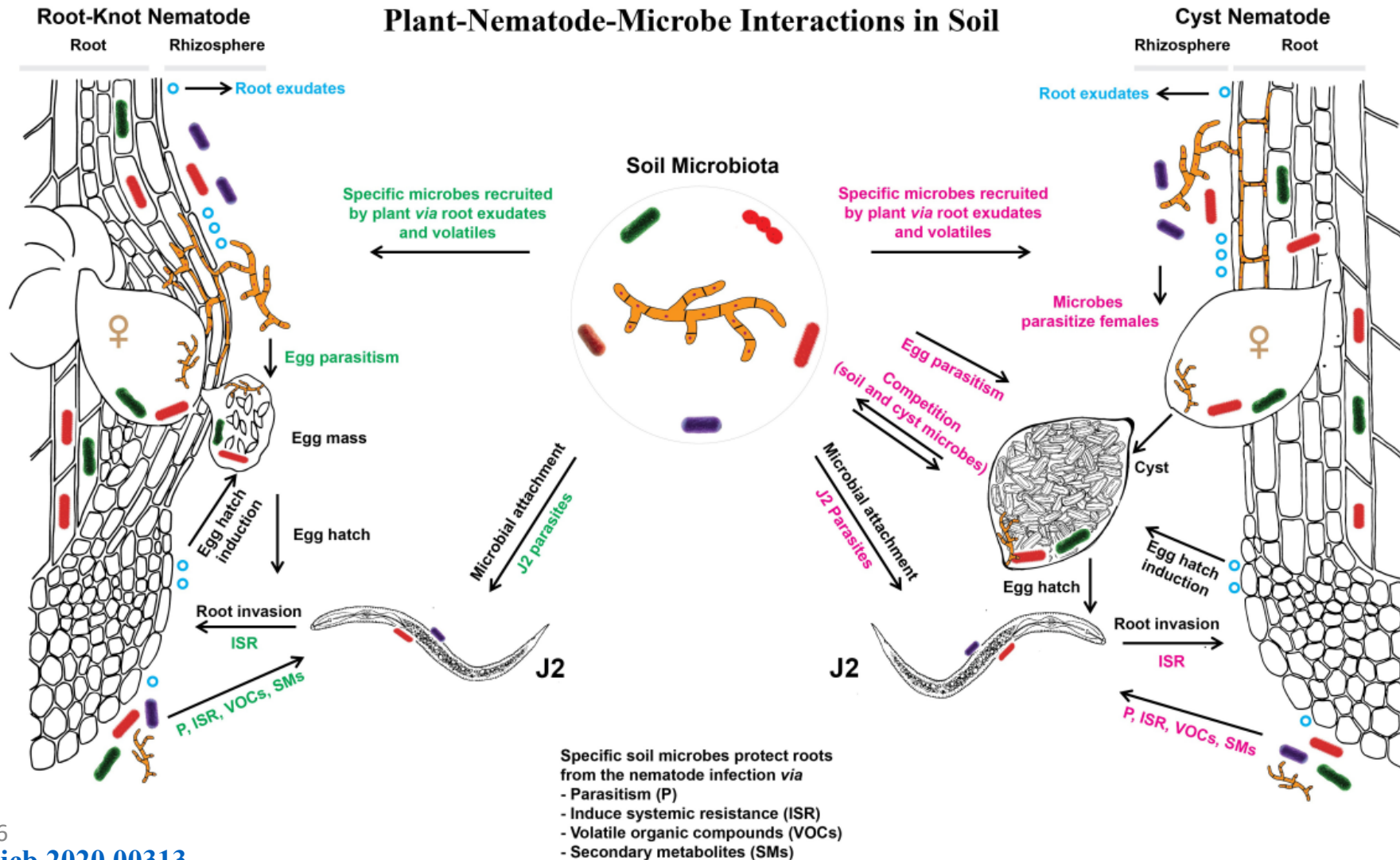


- بازدارندگی اختصاصی (Specific): علیه یک عامل خاص مثل *Meloidogyne* یا *Heterodera* و وابسته به میکروارگانیسم‌های آنتاگونیست ویژه است.

Typically induced in field soils during crop monoculture after a disease outbreak.

تعریف رسمی خاک بازدارنده به نماتدها

«خاکی که از استقرار نماتد، ایجاد بیماری و افزایش جمعیت آن در کشت‌های متوالی یک میزبان جلوگیری می‌کند یا شدت بیماری را بعد از خسارت اولیه کاهش می‌دهد.»



معیارهای آزمایشگاهی برای تشخیص

مقایسه شدت بیماری/جمعیت نماتد در خاک استریل و غیراستریل در خاک‌های بازدارنده، استریل کردن باعث از بین رفتن بازدارندگی و افزایش شدید نماتد می‌شود.

• خاک‌های بازدارنده به طور طبیعی دارای جمعیت‌های میکروبی مفید (باکتری‌ها، قارچ‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها) هستند که:
• با نماتدها رقابت می‌کنند

• آن‌ها را انگلی یا شکار می‌کنند

• مواد بازدارنده یا سمی برایشان تولید می‌کنند

• یا از طریق تحریک مقاومت گیاه، اثر آن‌ها را کاهش می‌دهند

• اثر استریل کردن خاک

• وقتی خاک استریل می‌شود (با حرارت، بخار یا مواد شیمیایی):

• میکروارگانیسم‌های مفید از بین می‌روند

• تعادل زیستی خاک برهم می‌خورد

• عامل طبیعی کنترل‌کننده نماتد حذف می‌شود

• در نتیجه، اگر نماتدها دوباره وارد خاک شوند (مثلاً از طریق نشاء، آب یا ادوات)، دیگر عامل مهارکننده‌ای وجود ندارد و جمعیت آن‌ها به صورت شدید افزایش می‌یابد.

• نتیجه

• بنابراین در خاک‌های بازدارنده، استریل کردن می‌تواند:

• خاصیت بازدارندگی را از بین ببرد

• موجب طغیان شدید نماتد شود

آزمون انتقال خاک (Soil Transfer)

آزمون انتقال خاک یکی از روش‌های کلاسیک تشخیص بازدارندگی زیستی خاک است و در نمادشناسی بسیار کاربرد می‌باشد.

- انتقال درصد کمی (۱/۰ تا ۱۰ درصد) از خاک بازدارنده به خاک مساعد و کاهش جمعیت نماتد در خاک گیرنده، نشانه بازدارندگی اختصاصی است.

هدف آزمون

- منشأ زیستی دارد
- منشأ غیرزیستی (فیزیکی-شیمیایی) دارد.

اگر با افزودن مقدار کم خاک بازدارنده:

شدت بیماری کاهش یابد، بازدارندگی زیستی و قابل انتقال است.

اگر بازدارندگی منتقل نشود، منشأ بازدارندگی احتمالاً فیزیکی-شیمیایی (مثل pH، بافت، مواد سمی) بوده است.

نقش تیمارهای بیوساید

استفاده از بخار، فومیگانت یا سایر بیوسایدها برای تمایز بین بازدارندگی عمومی و اختصاصی (در اختصاصی با از بین رفتن میکروفلور، بازدارندگی حذف می‌شود).

نقش تیمارهای بیوساید در این خاک‌ها

بیوسایدها شامل مواد شیمیایی یا زیستی هستند که برای کاهش یا حذف عوامل زنده به کار می‌روند (مثل قارچ‌کش‌ها، نماتدکش‌ها و ضدعفونی‌کننده‌های خاک).

اثرات مثبت احتمالی

- کاهش سریع جمعیت پاتوژن‌های قوی و مهاجم
- کمک به بازیابی تعادل میکروبی در صورت طغیان بیماری
- استفاده هدفمند در شرایط اضطراری

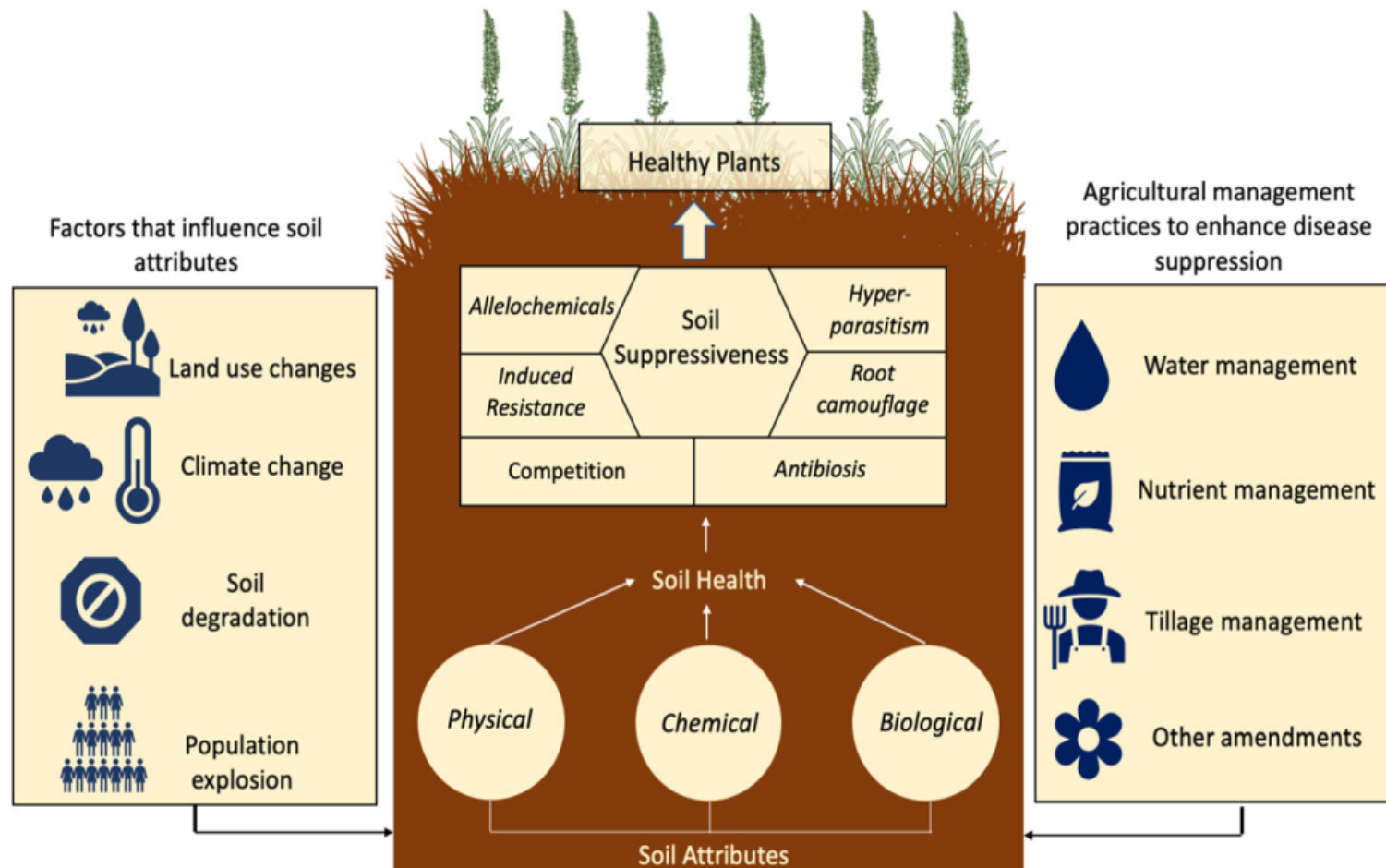
اثرات منفی (بسیار مهم)

در خاک‌های بازدارنده، استفاده غیرهدفمند از بیوسایدها می‌تواند:

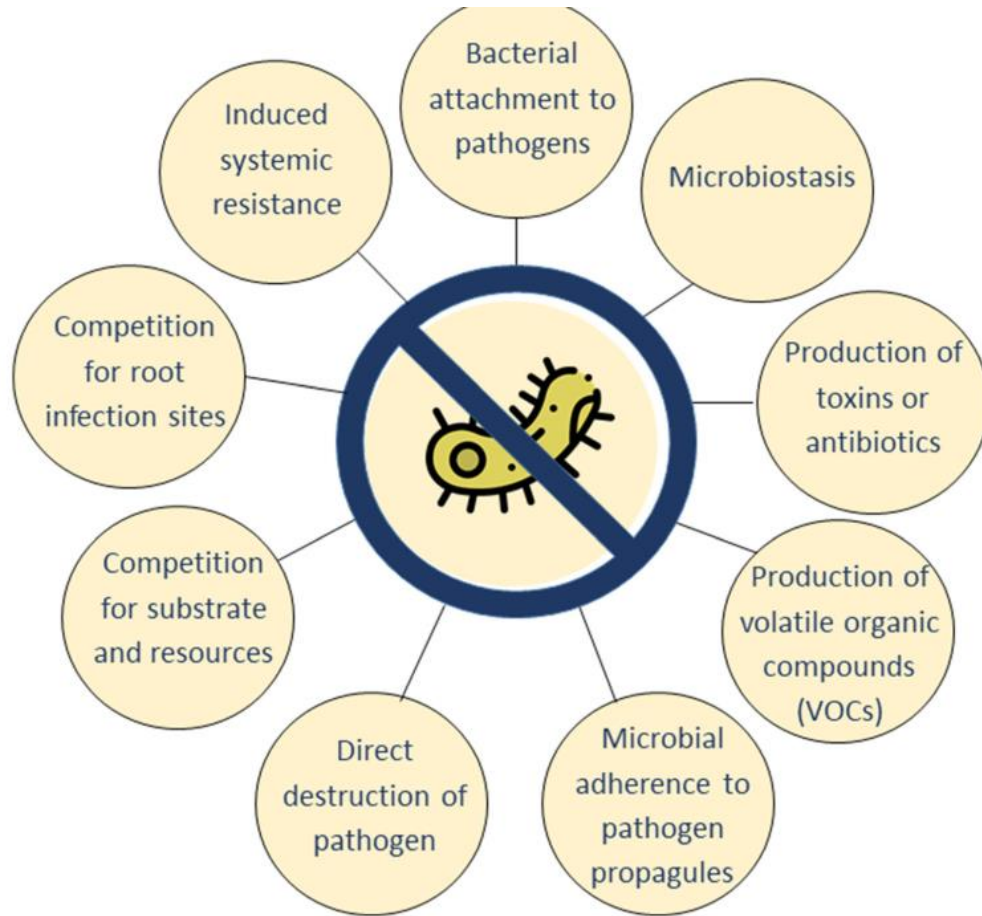
- میکروارگانیسم‌های مفید را نیز از بین ببرد.
 - تعادل زیستی خاک را مختل کند.
 - خاصیت بازدارندگی طبیعی خاک را کاهش دهد.
 - باعث بروز مجدد بیماری شود.
 - وابستگی مزمن به سموم ایجاد کند.
- در واقع، بیوسایدها ممکن است همان جمعیت‌های مفیدی را نابود کنند که عامل اصلی بازدارندگی خاک هستند.

پیوند بازدارندگی خاک با مفهوم «سلامت خاک»

خاک‌های سلامت بالا، معمولاً دارای میکروبیوم متنوع، ماده آلی کافی و پایداری اکولوژیک‌اند که با بازدارندگی علیه نماتدها هم‌پوشانی دارد.



مکانیسم‌های بازدارندگی علیه نماتدها



○ رقابت برای فضا و منابع

○ شکار و پارازیتیسم

○ آنتی بیوز

○ تحریک مقاومت القایی گیاه

○ تغییر ویژگی‌های فیزیوشیمیایی خاک.

پارازیتسم قارچی روی تخم نماتد

قارچ‌هایی مانند *Pochonia chlamydosporia* که تخم‌های *Meloidogyne* را بین ۵۰ تا ۹۷٪ پارازیت می‌کنند، در خاک‌های بازدارنده به RKN غالب‌اند.

مکانیسم اثر *Pochonia chlamydosporia*

این قارچ از طریق چند مرحله عمل می‌کند:

- 1 شناسایی و اتصال به سطح تخم
- 2 ترشح آنزیم‌های کیتیناز و پروتئاز برای تخریب دیواره تخم
- 3 نفوذ هیف‌ها به داخل تخم
- 4 مصرف محتویات جنینی و جلوگیری از خروج لارو

نتیجه: کاهش چشمگیر جمعیت نسل بعدی نماتد.

نکته مدیریتی مهم

استفاده بی‌رویه از نماتدکش‌های شیمیایی می‌تواند:

- جمعیت این قارچ‌های مفید را کاهش دهد
- خاصیت بازدارندگی خاک را از بین ببرد
- باعث طغیان مجدد RKN شود

به همین دلیل در مدیریت تلفیقی IPM، حفظ و تقویت این عوامل زیستی توصیه می‌شود.

چرا در خاک‌های بازدارنده غالب می‌شود؟

- در خاک‌های بازدارنده نسبت به RKN:
 - جمعیت این قارچ‌ها به صورت طبیعی بالا است
 - به تخم‌های نماتد وابسته‌اند (وابستگی غذایی)
 - در حضور مستمر میزبان، تثبیت و غالب می‌شوند
 - با ماده آلی و مدیریت کم‌نهاد به‌تر حفظ می‌شوند
- در چنین خاک‌هایی، تعادل زیستی به‌گونه‌ای است که حتی در حضور نماتد، خسارت اقتصادی کاهش می‌یابد.

باکتری‌های آنتاگونیست

مهم‌ترین باکتری‌های آنتاگونیست

- *Pseudomonas fluorescens*
- *Bacillus subtilis*
- *Pasteuria penetrans*
- *Streptomyces*

مکانیسم‌های مهار نماتد

- 1 پارازیتیسم مستقیم
Pasteuria penetrans به کوتیکول لاروهای نماتد متصل شده، در بدن آن تکثیر می‌کند و موجب عقیمی یا مرگ می‌شود؛ در برخی خاک‌ها عامل اصلی بازدارندگی اختصاصی علیه RKN است.
- 2 تولید متابولیت‌های سمی/آنتی‌بیوتیکی
گونه‌های *Pseudomonas* و *Bacillus* ترکیباتی تولید می‌کنند که:
 - تفریح تخم را کاهش می‌دهد
 - تحرک و بقای لارو را کم می‌کند
- 3 تولید آنزیم‌های تخریب‌کننده
پروتئازها و کیتینازها به تضعیف دیواره تخم و کوتیکول کمک می‌کنند.
- 4 رقابت و اشغال ریزوسفر
کلونیزاسیون قوی ریشه، محل‌های عفونت را محدود می‌کند.
- 5 القای مقاومت سیستمیک (ISR)
تحریک دفاع گیاه باعث کاهش موفقیت استقرار نماتد در ریشه می‌شود.

نکته مدیریتی

برای حفظ بازدارندگی:

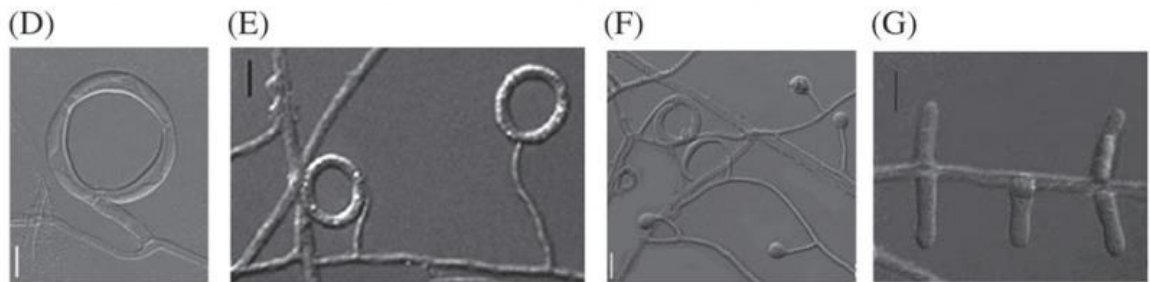
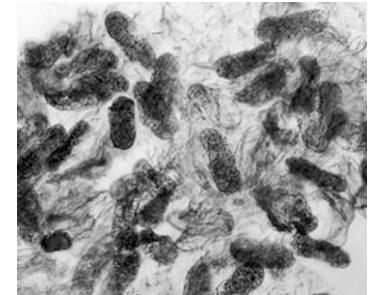
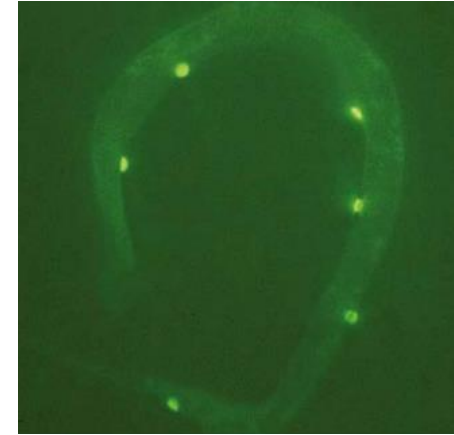
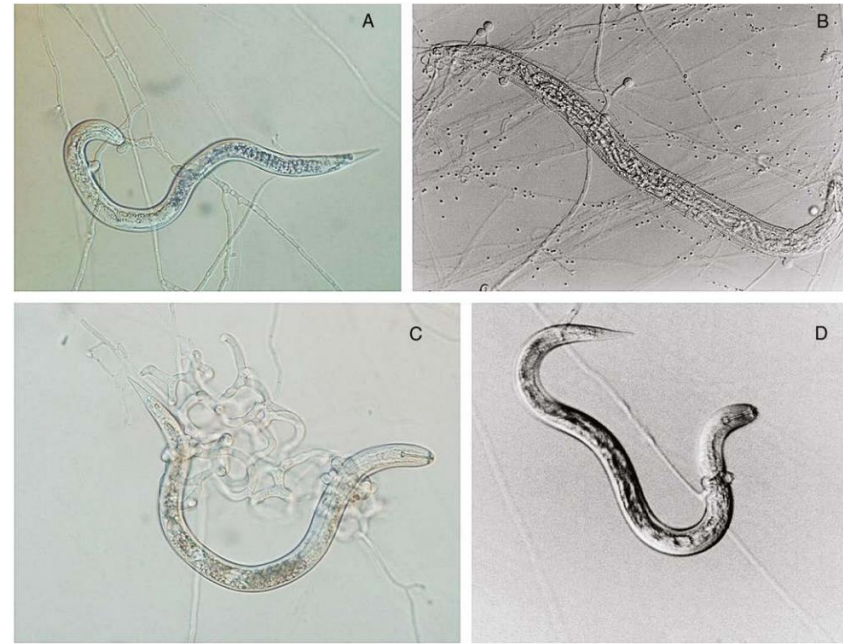
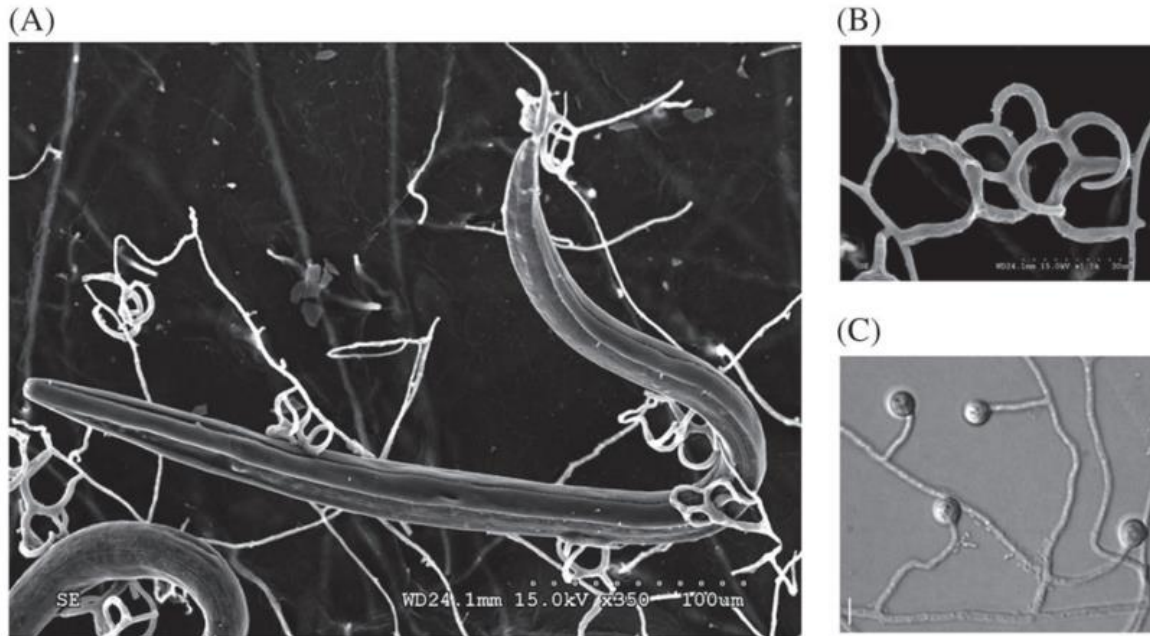
- از مصرف بی‌رویه نماتدکش‌ها پرهیز شود
- از کودهای آلی و کمپوست استفاده گردد
- تناوب زراعی و کشت ارقام متحمل رعایت شود
- در صورت نیاز، مایه‌کوب‌های زیستی حاوی *Bacillus* یا *Pseudomonas* به کار رود.

چرا در خاک‌های بازدارنده پایدارند؟

- تنوع زیستی و شبکه غذایی فعال
- ماده آلی و ترشحات ریشه‌ای مناسب
- مصرف حداقلی نماتدکش‌ها/بیوسایدها
- حضور مستمر میزبان که انتخاب طبیعی را به نفع سویه‌های مؤثر پیش می‌برد

نقش میکروارگانیزم‌های شکارگر نماتد

قارچ‌های نماتدگیر (Trapping Fungi) و باکتری‌های شکارگر که مراحل متحرک را شکار کرده و جمعیت را پایین نگه می‌دارند.



مقاومت القایی گیاه (ISR/ SAR)

برخی میکروارگانیسم‌ها بدون تماس مستقیم با نماتد، از طریق سیگنال‌دهی هورمونی (مثلاً ژاسمونیک/سالیسیلیک) دفاع گیاه را علیه نماتد تقویت می‌کنند.

• **مقاومت اکتسابی سیستمیک (SAR):** پس از یک آلودگی اولیه (معمولاً بیماری‌های بیوتروف)، در سراسر گیاه یک حالت آماده‌باش دفاعی ایجاد می‌شود که به‌شدت وابسته به تجمع سالیسیلیک‌اسید و فعال‌شدن ژن‌های (PR) به ویژه (P-protein) است. این وضعیت باعث می‌شود گیاه در مواجهه بعدی با طیف وسیعی از پاتوژن‌ها، پاسخ سریع‌تر و قوی‌تری نشان دهد.

• **مقاومت القایی سیستمیک (ISR):** عمدتاً توسط میکروارگانیسم‌های مفید ریزوسفری (به‌ویژه باکتری‌های سودوموناس فلورسنت و باسیلوس‌ها) القا می‌شود و بیشتر با مسیرهای هورمونی جاسمونیک‌اسید (JA) و اتیلن (ET) در ارتباط است، بدون آن‌که لزوماً با افزایش قابل‌توجه PR-proteins کلاسیک همراه باشد.

مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های القاکننده ISR

Pseudomonas fluorescens ○

Bacillus subtilis (باکتری‌های PGPR) ○

Trichoderma harzianum (قارچ‌های میکوریز و سایر اندوفیتها) ○

اثر بر نماتدهای مهم

Meloidogyne incognita ✓

Heterodera schachtii ✓

مفهوم Priming در میکروبیوم

میکروبیوم باعث می‌شود:

• ژن‌های دفاعی در حالت آماده‌باش قرار گیرند

• پاسخ دفاعی سریع‌تر از حالت عادی فعال شود

• هزینه متابولیکی دفاع کاهش یابد

این موضوع در کنترل نماتدها بسیار مهم است زیرا نماتدها به‌صورت بیوتروف تغذیه می‌کنند و سرکوب ایمنی گیاه یکی از استراتژی‌های اصلی آن‌هاست.

2/24/2026

بازدارندگی در سیستم‌های باغی پایدار

در کشت‌های دائمی یا تناوب‌های طولانی با کم‌خاک‌ورزی، فرصت شکل‌گیری کنسرسیون‌های میکروبی بازدارنده بیشتر است.

□ در باغات پسته و مرکبات ایران، کاربرد بیوجار و کمپوست‌های غنی از قارچ‌های میکوریزا، همراه با تناوب با سولفوروئیدها، بازدارندگی علیه *Meloidogyne incognita* ایجاد کرده و جمعیت را ۵۰ تا ۷۰ درصد کاهش می‌دهد.

□ در باغات گیلاس آمریکا، ترکیب اصلاحات آلی + fumigant، نماتدهای *Pratylenchus* را کنترل کرده و رشد درخت را ۲۰ تا ۳۰ درصد بهبود بخشیده است.



خاک‌های بازدارنده به *Meloidogyne* در سبزیجات گلخانه‌ای

گزارش دو گلخانه ارگانیک M10.23 و M10.55 در اسپانیا که بازدارندگی معنی‌دار علیه RKN نشان دادند (کاهش تخم و فاکتور تکثیر در خاک غیراستریل).

گلخانه M10.23

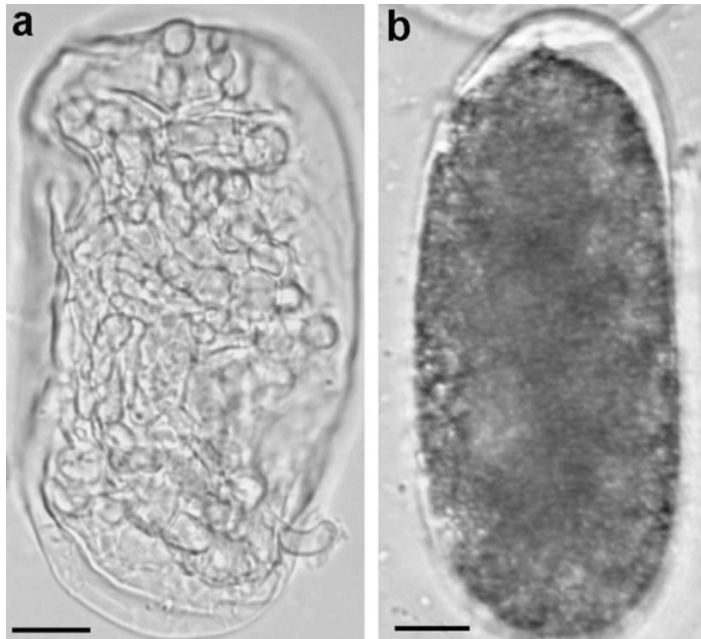
- ❖ وضعیت: سیستم ارگانیک گوجه‌فرنگی، آلودگی اولیه بالا به RKN.
- ❖ شواهد بازدارندگی: $RF \approx 0.2$
- ❖ عوامل کلیدی: غنی از *Pasteuria penetrans*، قارچ‌های *Pochonia chlamydosporia* و باکتری‌های فلورسنت؛ $pH \approx 7.5$ ، مواد آلی بالا.
- ❖ پایداری: بیش از ۱۰ سال بدون fumigant، با تناوب گوجه-ملون و اصلاحات آلی حفظ شده.

گلخانه M10.55

- وضعیت: کشت ارگانیک فلفل دلمه‌ای/گوجه، آلودگی مزمن به RKN.
- شواهد بازدارندگی: $RF < 0.5$
- عوامل کلیدی: غلظت بالای *Pasteuria*، حضور *Dactylella oviparasitica* و میکروبیوم متنوع ریزوسفر؛ بافت لومی، رطوبت متعادل، C/N مناسب.
- پایداری: بازدارندگی خاص با انتقال ۱ تا ۵٪ خاک به خاک مصنوعی آلوده

نقش *Pochonia chlamydosporia* در گلخانه‌ها

- جداسازی صرفاً همین قارچ از تخم‌های *Meloidogyne* و نسبت بالای پارازیتسم، نشان‌دهنده نقش کلیدی آن در بازدارندگی اختصاصی است.



پارازیته کردن تخم نماتد

این قارچ با اتصال به تخم نماتد و ترشح آنزیم‌های کیتیناز و پروتئاز، دیواره تخم را تخریب کرده و جنین را از بین می‌برد. گزارش شده علیه:

- *Meloidogyne incognita*
- *Meloidogyne javanica*
- *Heterodera schachtii*

کاهش جمعیت لارو مرحله دوم و کاهش آلودگی اولیه در خاک گلخانه.

خاک‌های بازدارنده به نماتد سیستی سویا

Heterodera glycines

در برخی مزارع سویا، وجود گندم زمستانه و دیگر مدیریت‌های زراعی، بازدارندگی علیه SCN ایجاد کرده که با تغییرات شیمیایی و میکروبیوم مرتبط است.

قارچ‌های پارازیت تخم

Pochonia chlamydosporia ➤

Purpureocillium lilacinum ➤

باکتری‌های آنتاگونیست

• *Pasteuria nishizawae* پارازیت اختصاصی نماتد سیستی سویا

• گونه‌های *Bacillus* و *Pseudomonas*

• *Pasteuria nishizawae* یکی از مهم‌ترین عوامل در خاک‌های بازدارنده اختصاصی علیه SCN است؛ با اتصال به کوتیکول لارو، چرخه زندگی نماتد را مختل می‌کند.

شناسایی و پایش خاک‌های بازدارنده در مزرعه

مرحله شناسایی اولیه در مزرعه

شاخص‌های بیولوژیک و میکروبی

الف) بررسی عوامل آنتاگونیست

- جداسازی قارچ‌های پارازیت تخم مانند

Pochonia chlamydosporia

- شناسایی باکتری‌های پارازیت اجباری مانند

Pasteuria nishizawae

ب) آنالیزهای مولکولی

- qPCR برای کمی‌سازی جمعیت عوامل بیوکنترل
- متابارکدینگ ۱۶ S/ITS برای بررسی تنوع میکروبی
- تحلیل شبکه میکروبی microbial network analysis

الف) پایش الگوی لکه‌ای Patch dynamics

- مشاهده لکه‌های کم‌خسارت در مزرعه آلوده

- مقایسه رشد، زردی و عملکرد گیاه در نقاط مختلف

- نمونه‌برداری هدفمند از نواحی کم‌خسارت و پرخسارت

ب) سنجش جمعیت نماتد

- استخراج سیست و شمارش تخم/لارو در ۱۰۰ گرم خاک

- اگر تراکم بالا ولی خسارت کم باشد → احتمال خاک بازدارنده

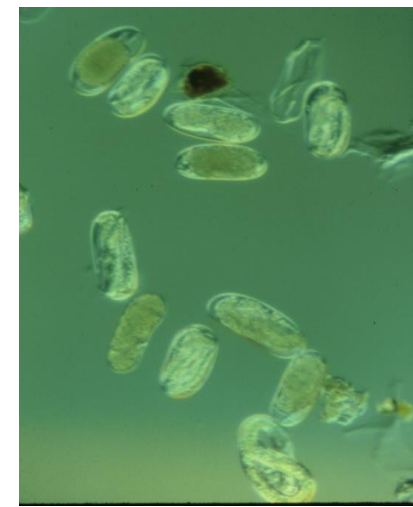
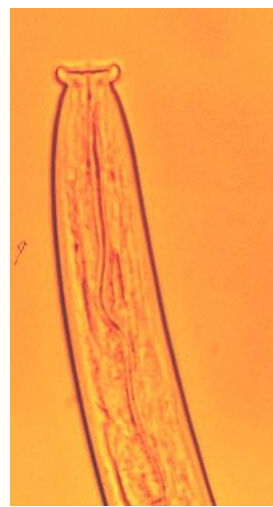
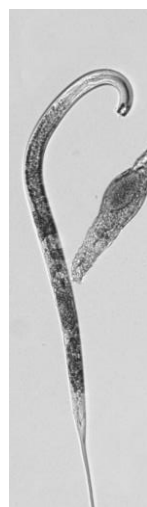
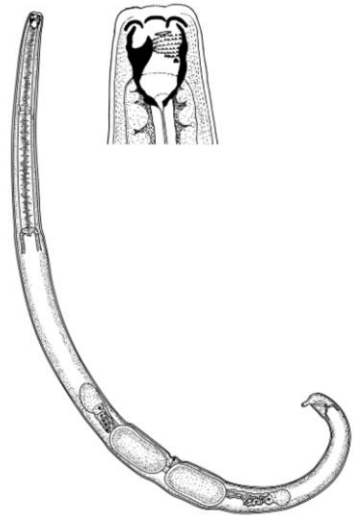
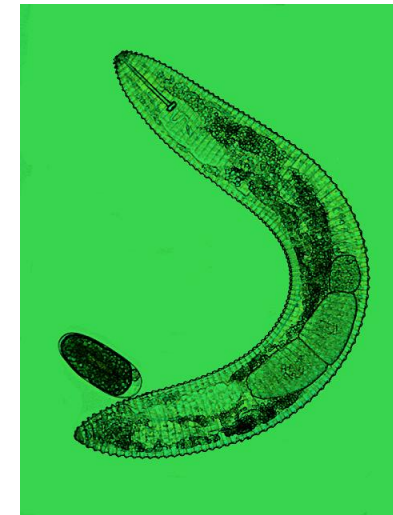
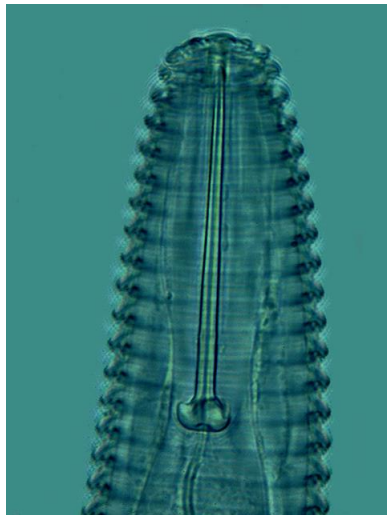
آزمون انتقال‌پذیری Soil Transfer Test

ویژگی کلیدی بازدارندگی اختصاصی:

- مخلوط کردن ۵-۱۰٪ خاک مشکوک به بازدارنده با خاک استریل مساعد
- کشت گیاه میزبان در شرایط کنترل شده
- کاهش معنی‌دار شاخص تکثیر (RF) تأیید بازدارندگی زیستی
- اگر بازدارندگی با اتوکلاو از بین برود → منشأ زیستی دارد.

وضعیت نسبی خاکهای کشاورزی ایران

Nematodes





Arthropods

کنه‌ها و دم‌فتری‌ها بیش از ۶۰٪ مزوفون خاک‌های شمال ایران را تشکیل می‌دهند.



راسته محتمل	ویژگی ظاهری
Oribatida	بدن کروی و زره‌ای
Mesostigmata	بسیار متحرک، شکارگر
Prostigmata	پاهای جلویی بلند
Astigmata	نرم و کوچک



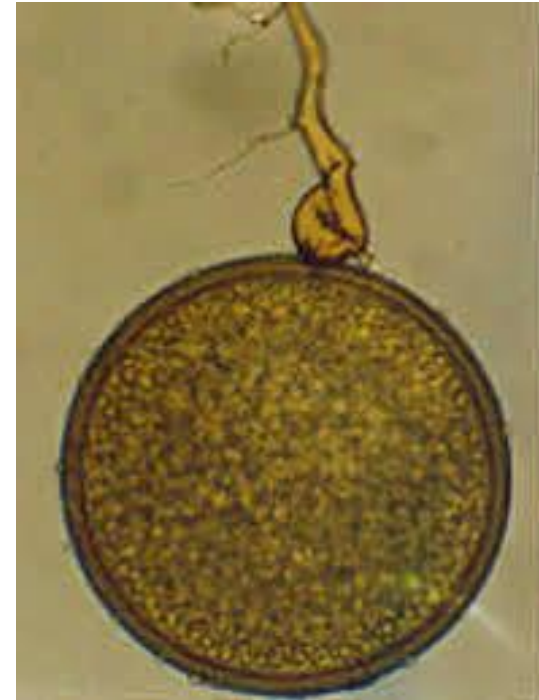
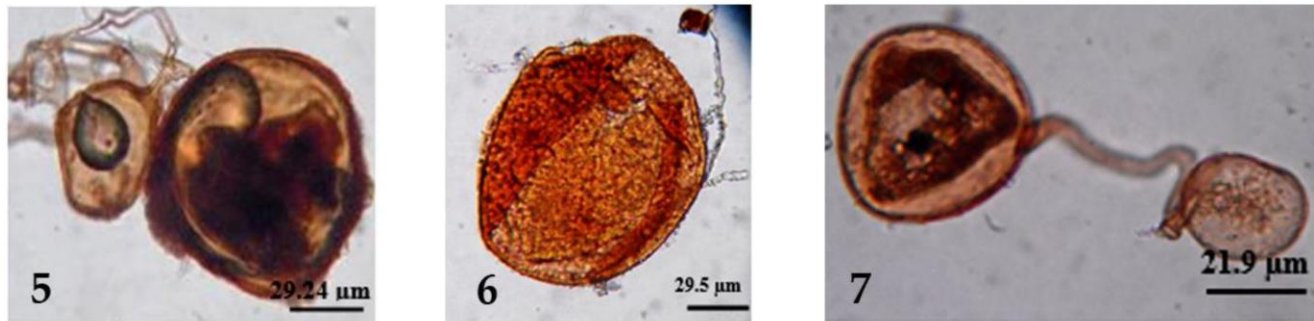
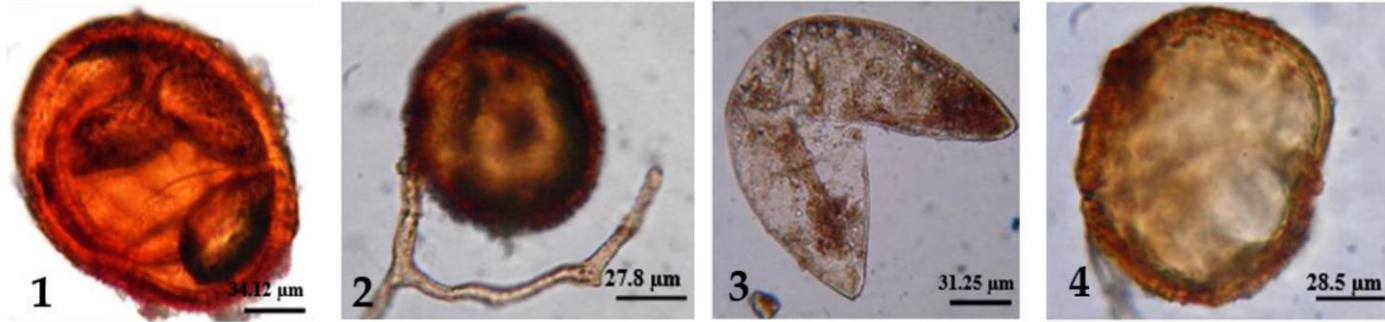
- هزارپا (Diplopoda) تجزیه‌کننده
- صدپا (Chilopoda) شکارگر



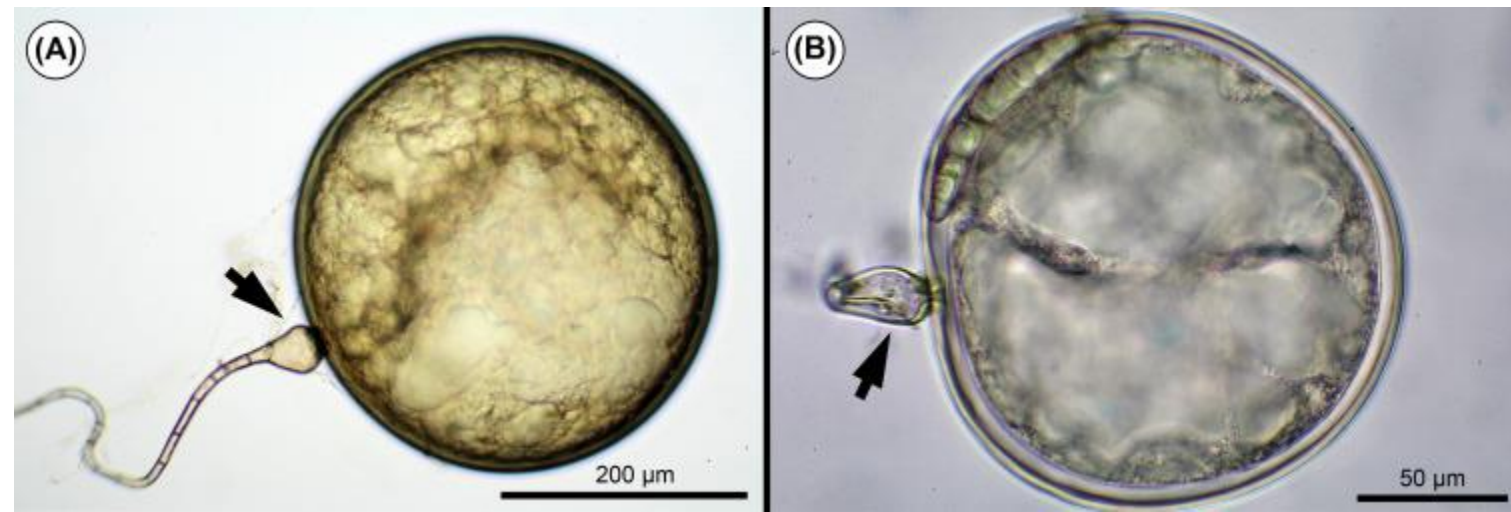
Other fauna



Mycorrhiza



2/24/2026



تهدیدات و مخاطرات

خاک کشاورزی در وضعیت بحرانی است.

- مهم‌ترین تهدید: فرسایش + ماده آلی کم

شدت	تهدیدات
بسیار شدید	فرسایش
بسیار شدید	ماده آلی کم
شدید	شوری
متوسط-شدید	فشرده‌گی
متوسط	آلودگی
شدید	کاهش تنوع زیستی
رو به افزایش	تغییر اقلیم

راهکارهای اساسی

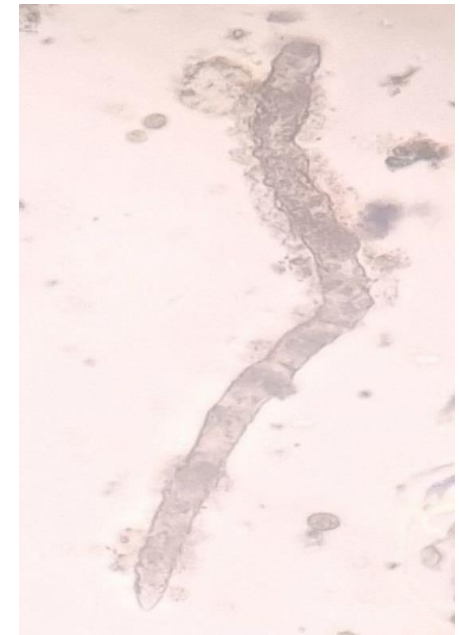
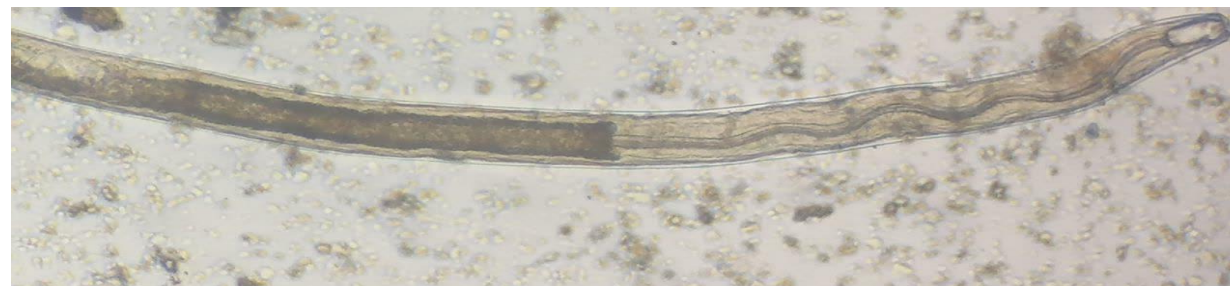
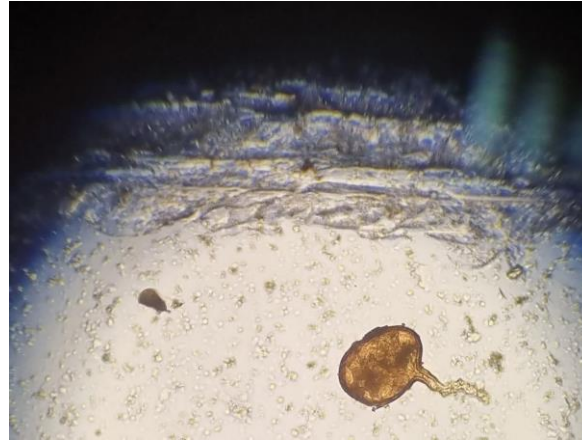
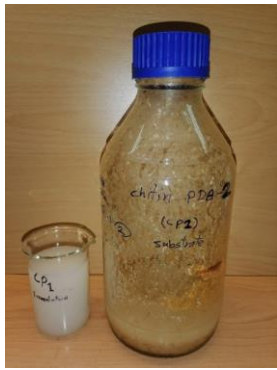
افزایش ماده آلی، محور همه راهکارهاست

راهکار اصلی	تهدید
کشاورزی حفاظتی	فرسایش
کود آلی و بقایا	ماده آلی کم
مدیریت آب و زهکشی	شوری
کاهش تردد	فشرده‌گی
مدیریت نهاده	آلودگی
IPM و زیست‌افزایی	کاهش تنوع زیستی

- کشاورزی حفاظتی
- افزایش ماده آلی
- مدیریت شوری
- کاهش شخم
- مدیریت تلفیقی نهاده‌ها
- پایش زیستی خاک

آزمون آب و خاک
آزمون زیستی خاک (نماد)
قبل از هر اقدامی

Suppressive Soils



جمع بندی

