



جمهوری اسلامی ایران

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان حفظ نباتات کشور

سازمان حفظ نباتات

راهنمای شناسایی و ردیابی

آفت قرنطینه خارجی

نماتد سیستی سفید سیب زمینی

Pale potato cyst nematode

***Globodera pallida* (Stone, 1973) Behrens, 1975**

Nematoda: Heteroderidae

تهیه و تنظیم:

احمد چراغیان

دفتر پایش و تحلیل خطر

1404

نماتد سیستی سفید سیبزمینی

Globodera pallida (Stone, 1973) Behrens, 1975

Taxonomic position

Domain: Eukaryota

Kingdom: Metazoa

Phylum: Nematoda

Family: Heteroderidae

Other scientific names:

Heterodera pallida Stone, 1973

Common names:

white potato cyst nematode, pale potato cyst nematode, potato cyst nematode, potato root eelworm

اهمیت اقتصادی:

سیبزمینی یکی از 5 محصول مهم دنیا می باشد و نماتد سیست سیبزمینی خسارت سنگینی به این محصول بویژه در نواحی معتدله وارد می آورد، برآورد خسارت نماتدهای پارازیت گیاهی سالانه 100 میلیون دلار به محصولات کشاورزی تخمین زده شده است. این نماتد در انگلستان سالانه حدود 50 میلیون دلار خسارت وارد می نماید خسارت زمانی بیشتر می شود که نژادهای جدید و بیماریزای عامل بیماری ظاهر شود که در این وضعیت هر نوع مقاومتی را در گیاهان درهم می شکند. در مناطقی که ارقام تجارتي با مقاومت بالا کمتر کاشته می شوند خسارت *G. pallida* بیشتر گزارش شده است. میزان خسارت با تعداد تخم های زنده در هر واحد خاک رابطه مستقیم دارد و این علائم خسارت به صورت کاهش وزن غده های سیبزمینی بروز می کند.

این نماتد تاکنون از ایران گزارش نشده است و با توجه به اینکه خسارت زیادی به محصول سیبزمینی وارد می آورد و کنترل آن بسیار مشکل است، جزء نماتد های مهم قرنطینه ای در کشور محسوب می شود.

میزبانها:

Major hosts (میزبانهای اصلی):

میزبانهای اولیه و اصلی خانواده (*Solanaceae*) محدود شده است بویژه سیبزمینی (*Solanum tuberosum*)، گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) و بادمجان (*Solanum melongena*).

Minor hosts (میزبانهای فرعی):

Datura stramonium (Jimsonweed), *Lycopersicon pimpinellifolium* (Currant tomato)
Oxalis tuberosa (Oca), *Solanum aviculare* (Kangaroo apple), *Solanum gilo* (gilo).

پراکنش جغرافیائی:

اروپا : اطریش، بلژیک، بلغارستان، کرواسی، قبرس، بوسنی و هرزگوئین، جمهوری چک، دانمارک، جزایر فارو، فرانسه، آلمان، یونان، مجارستان، مولداوی، ایسلند، ایرلند، ایتالیا، لوکزامبورگ، مالت، هلند، نروژ، پرتغال، رومانی، اسپانیا، اسلوواکی، صربستان، سوئد، سوئیس، انگلیس، ترکیه.

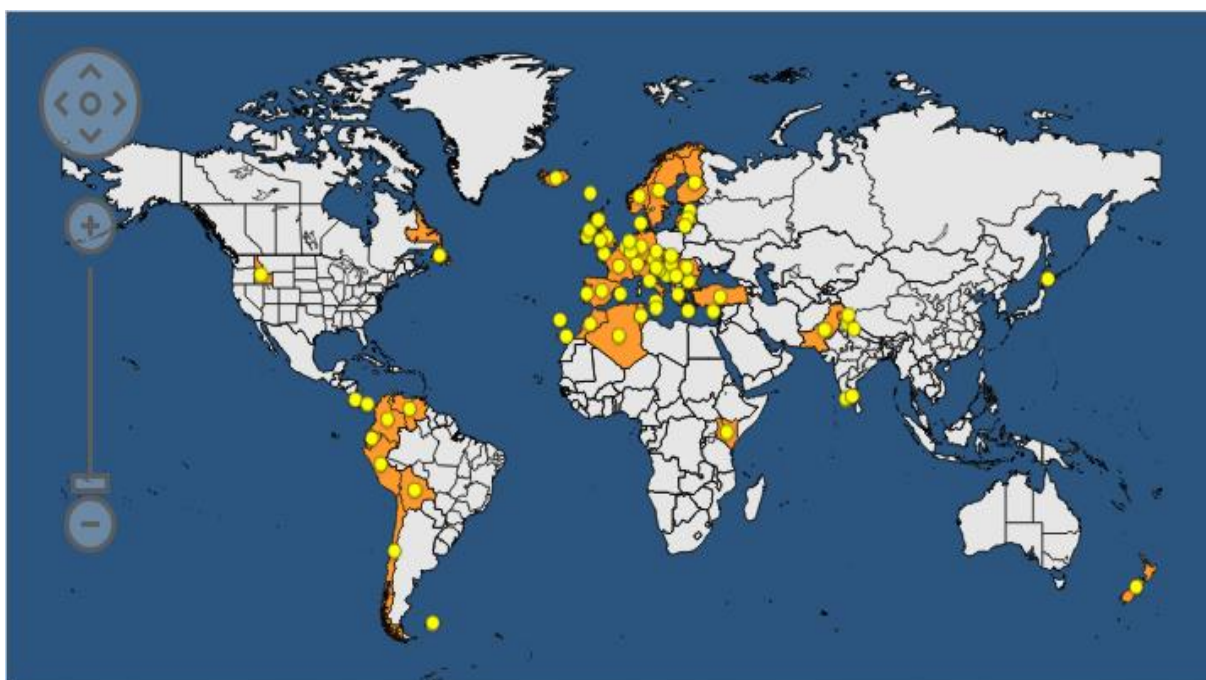
آسیا: هند، ژاپن، پاکستان .

آفریقا : الجزایر، کنیا، مراکش، تونس.

آمریکای شمالی: کانادا، آمریکا

آمریکای مرکزی و جنوبی: بولیوی، شیلی، کاستاریکا، کلمبیا، اکوادور، جزایر فالک لند، پاناما، پرو، ونزوئلا

اقیانوسیه : نیوزیلند



نقشه پراکنش نماد سیستی سفید سیب زمینی

شکل شناسی:

این نماتد دارای دو شکلی جنسی نر و ماده است. نماتد نر کرمی شکل و معمولاً پس از مرگ و در زمان فیکس شدن به فرم حرف C قرار می‌گیرد. حلقه‌های بدن به صورت منظم و در طول بدن امتداد یافته و دارای 3 خط در سطوح جانبی می‌باشد که به صورت قدامی و عقبی در طول بدن امتداد یافته‌اند. دارای شبکه کوتیکولی سر به شدت اسکروتینی شده و به صورت 6 تایی می‌باشد و حالت سر نسبت به بدن *offset* بوده و دارای 6 یا 7 حلقه است. در ناحیه سر در زیر شبکه کوتیکولی دو عضو تیره رنگ به صورت جلویی و عقبی سر را دور می‌زنند که سفالید یا ضمام داخلی سر نامیده می‌شود (*Cephalid*) و در این نماتد سفالیدهای جلویی روی حلقه‌های سری 2 و 4 و سفالیدهای پشتی روی حلقه‌های 6 تا 9 قرار دارند. استایلت رشد کرده و قوی با گره‌های گرد است. حباب میانی مری گرد با درجه اسکروتینی قوی و قسمت وسط مری توسط حلقه عصبی احاطه شده است. غده پشتی مری ترشحات خود را برای تزریق در زیر استایلت می‌ریزد. دارای دم کوتاه و گرد که آلت نرینگی (*Spicul*) در انتهای آن واقع شده است. گوبرناکولوم یا جسم هادی آلت نرینگی کوچک و بدون برجستگیهای تزئینی می‌باشد.

مشخصات مرفومتريک نماتد نر سیست سفید سیب‌زمینی به شرح زیر است:

body length=1200 ± 100 μm; body width at excretory pore=28.4 ± 1.0 μm; head width at base=12.3 ± 0.5 μm; head length=6 ± 0.3 μm; stylet length=27.5 ± 1.0 μm; stylet base to dorsal gland duct opening=3.0 ± 1.0 μm; head tip to median bulb=66 ± 7.1 μm; median bulb to excretory pore=81.0 ± 11 μm; head tip to excretory pore=176.4 ± 14.5 μm; tail length=5.2 ± 1.4 μm; tail width at anus=13.5 ± 2.1 μm; spicule length=36.3 ± 4.1 μm; gubernaculum length=11.3 ± 1.6 μm.

ماده‌های جوان گرد یا کروی با گردنی کوتاه و بدون مخروط انتهایی بوده و بسته به فنوتیپ، سفید یا کرم رنگ می‌باشد. دیواره بدن نماتد ماده پس از تکامل سخت و کیتینی شده و به رنگ قهوه‌ای در می‌آید. سر دارای 1 یا 2 حلقه و گردن با لبه‌های برجسته حلقه‌ها پوشیده شده است. شبکه کوتیکولی سر نسبتاً ضعیف است. استایلت تقریباً قرینه (50% مخروطی و 50% استوانه‌ای) با گره‌های گرد است. حباب میانی مری به خوبی رشد کرده و دارای یک درجه مشخص است. منفذ ترشچی در زیر گردن قرار گرفته است. شکاف فرج بوسیله ناحیه شفافی احاطه شده که دارای پاپیل‌های حسی می‌باشد.

مشخصات مرفومتريک نماتد ماده سیست سفید سیب‌زمینی به شرح زیر است:

stylet length=27.4 ± 1.1 μm; head width at base=5.2 ± 0.5 μm; stylet base to dorsal gland duct=5.4 ± 1.1 μm; head tip to median bulb valve=67.2 ± 18.7 μm; median bulb valve to excretory pore=71.2 ± 22 μm; head tip to excretory pore=139.7 ± 15.5 μm; mean diameter of the vulval basin=24.8 ± 3.7 μm; length of vulval slit=11.5 ± 1.3 μm; anus to vulval basin=44.6 ± 10.9 μm; number of ridges on the anal-vulval axis=12.5 ± 3.1.

نماتد ماده برای محافظت از تخم‌های خود تشکیل سیست می‌دهد. سیست‌ها حاوی تخم و لارو سن دوم می‌باشند. در واقع دیواره کوتیکولی بدن ماده‌ها پس از تکامل سخت و کیتینی شده و به رنگ قهوه‌ای در می‌آید. اندازه سیست‌ها تقریباً مشابه اندازه بدن نماتد ماده است اگرچه تقریباً سر ناپدید می‌شود. در سیست‌ها گسیختگی و تخریب غشاء کوتیکول ناحیه اطراف شکاف تناسلی تشکیل پنجره‌ای دایره‌ای شکل (*circum fenestrae*) داده است که از مشخصات جنس *Globodera*

است. خصوصیات پنجره خروج لارو از سیست (Fenestrae) در تشخیص مرفولوژیکی بسیار اهمیت دارد. این پنجره عموماً در سیست‌های بالغ ناپدید می‌شود و بنابراین تنها یک حفره باقی می‌ماند اما مخرج عموماً واضح و مشخص و به صورت زیر انتهایی (sub terminal) می‌باشد.

مشخصات مرفومتريک سیست سفید سیب‌زمینی به شرح زیر است:

width=534 ± 66 μm; length, excluding neck=579 ± 70 μm; neck length=188 ± 20 μm; mean fenestral diameter=24.5 ± 5.0 μm; anus to fenestra distance=50 ± 13.4 μm; Granek's ratio (Granek, 1955) = 2.2 ± 1.0.

لارو سن دوم مرحله آلوده‌کننده در چرخه زندگی نماتد است و به طور مستقیم از تخم تفریخ می‌شود. لاروهای *G. pallida* بسیار شبیه لاروهای *G. rostochiensis* می‌باشد اما لاروهای *G. pallida* عموماً بزرگتر هستند. طول بدن بیشتر و استایلت بزرگتر و تنومندتر و با گره‌های درشت‌تر است. لارو سن دوم درون تخم 4 مرتبه تا می‌خورد. ناحیه هیالین دم تقریباً 20 میکرومتر طول دارد. سر نسبت به بدن offset. گرد و حامل 4-6 حلقه است. شبکه کوتیکولی سر به شدت اسکلوروتینی شده است. سفالیدهای جلویی سری روی حلقه‌های 2 و 3 قرار گرفته و سفالیدهای پشتی روی حلقه‌های 6 تا 8 قرار گرفته است. استایلت به خوبی رشد کرده با گره‌های تحتانی مشخص که به وضوح از سمت جانبی قدامی بدن دیده می‌شوند. حلقه عصبی دور ایستموس مری را احاطه کرده و منفذ ترشچی تقریباً 110 میکرومتر از سر فاصله دارد. عضو عصبی زیر پوست در جلوی منفذ ترشچی (hemizonid) دقیقاً قبل از منفذ ترشچی قرار گرفته و طول آن به اندازه عرض 2 حلقه است. عضو عصبی زیر پوست در قسمت عقبی منفذ ترشچی (hemizonion) 5-6 حلقه بعد از منفذ ترشچی قرار دارد. دستگاه تناسلی در 60٪ طول بدن از طرف نوک سر قرار گرفته است.

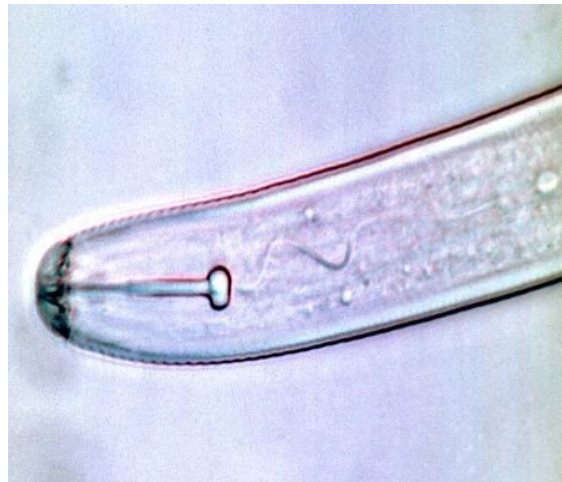
مشخصات مرفومتريک لاروهای سن دوم نماتد سفید سیب‌زمینی به شرح زیر است:

body length=486 ± 2.8 μm; body width at excretory pore=19.3 ± 0.9 μm; stylet length=23.0 ± 1.0 μm; stylet base to dorsal gland duct=5.3 ± 0.9 μm; head tip to median bulb valve=68.7 ± 2.7 μm; head tip to excretory pore=108.6 ± 4.1 μm; tail length=51.1 ± 2.8 μm; tail width at anus=12.1 ± 0.4 μm; length of hyaline terminus=26.6 ± 4.1 μm.

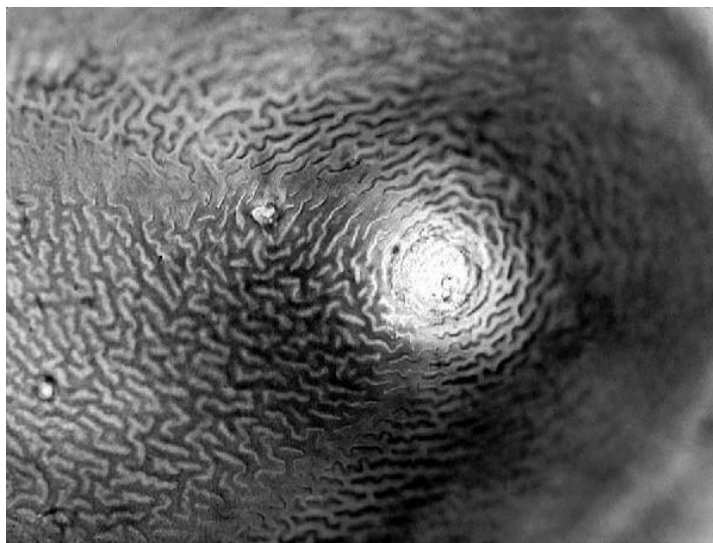
تخم‌ها بیضی شکل و به تعداد زیاد در داخل سیست‌های بالغ قرار دارند. در این جنس کیسه تخم تشکیل نمی‌شود. سطح پوسته تخم‌ها صاف و بدون تزئینات است. اندازه تخم‌ها بین رنجی از 108/3 ± 2/0 میکرومتر و 43/2 ± 3/2 میکرومتر است.



سیست نماتد



ابتدای بدن نماتد ماده



مخروط فرج حلقه های کوتیکولی فرج و مخروط



جنس ماده



سیست نماتد

زیست‌شناسی و اکولوژی:

هر سیست *G. pallida* حاوی بیش از 500 تخم است که نسل بعد را بوجود می‌آورد. تخم‌های *G. pallida*، سالهای متمادی می‌توانند زنده بمانند. عوامل مؤثر در تفریح تخم‌ها بسیار مشابه عوامل مؤثر در تفریح تخم‌های *Globodera rostochiensis* می‌باشد. میزان رطوبت خاک اثر مهمی در جابجایی لاروهای سن 2 و متعاقباً در استفاده آنها از چربی دارد. رطوبت مناسب خاک برای آلودگی ریشه ضروری است.

محرک‌های تفریح متعددی از جمله طول روز، ترشحات ریشه و ترکیبات شیمیایی آلی، مواد غیرآلی شناخته شده است. تفریح تخم‌های *G. pallida* در دماهای 10 درجه سانتی‌گراد یا پایین‌تر رخ می‌دهد و در دماهای بین 18-10 درجه سانتی‌گراد توسعه پیدا می‌کند. در حالیکه *G. rostochiensis* در دماهای بین 25-15 درجه سانتی‌گراد فعالیت دارد.

همانند سایر نماتدهای سیستی، لاروهای سن 2، *G. pallida*، مرحله آلوده کننده هستند و به محض تفریح تخم، از ناحیه پشتی نوک ریشه به میزبان حمله می‌کنند. لاروها در طول ریشه به سمت بالا و پایین حرکت می‌کنند تا اینکه سیگنال‌های ویژه ای را جهت ایجاد جایگاه تغذیه و تشکیل سین سیتم دریافت می‌کنند که این سیگنالها، ماهیت شیمیایی دارند.

سیکل زندگی نماتد 45 روز طول می‌کشد که در این فاصله، لاروهای سن 2 توسعه پیدا کرده و تبدیل به نماتد بالغ نر یا ماده می‌شوند که بقاء آنها بستگی به عوامل محیطی نظیر مواد غذایی قابل دسترس دارد.

لاروهای سن 2 که به سلولهای دایره محیطیه گیاه نفوذ می‌کنند اغلب نرها هستند و آنهایی که به سلولهای پروکامبیومی نفوذ می‌کنند بیشتر ماده‌ها هستند.

لاروهای آلوده کننده با حرکت خود از ناحیه پوست ریشه تا رسیدن به جایگاه تغذیه، در مجاورت یا درون استوانه مرکزی، بافتی را در مسیر حرکت خود منهدم می‌کنند.

در ناحیه آوندی، سلولها بزرگ شده و دیواره آنها تا حدی حل شده و از بین می‌رود. بطوری که توده پروتوپلاسمی (*Syncytium*) از به هم پیوستن سلولها تشکیل می‌شود. در این سلولها نشانه‌های متابولیسم فعال از جمله: هسته بزرگ شده، سیتوپلاسم متراکم و افزایش تعداد ضمائم درون سلولی مشاهده می‌شود.

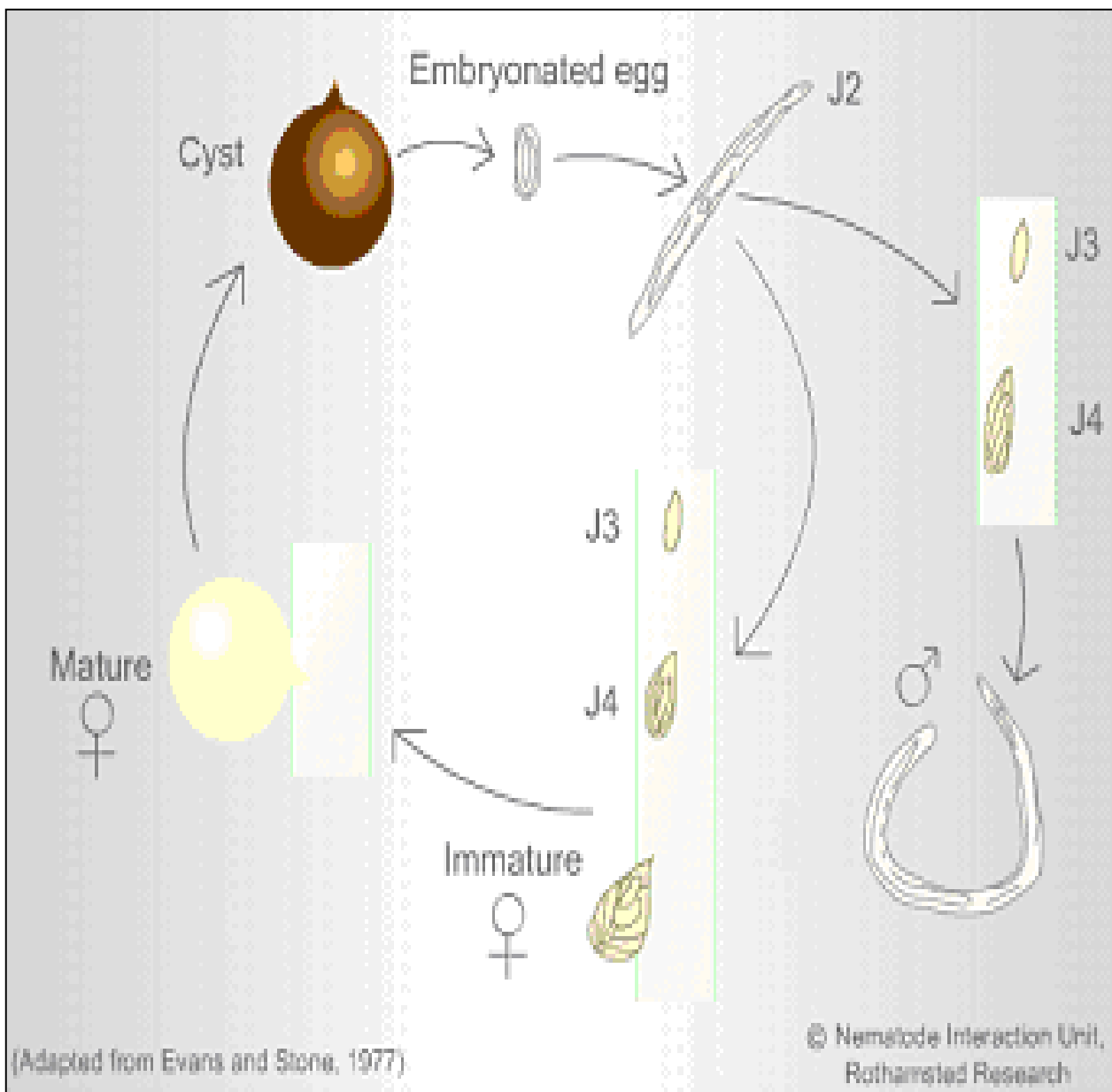
نماتد در یک وضعیت تغذیه نموده و محتویات سلولی را از یک طرف توده پروتوپلاسمی خارج می‌نماید. رشد دیواره سلولی به طرف داخل نشان دهنده حرکت فعال مواد محلول به داخل توده پروتوپلاسمی است.

تغییر شکل سلولی که بوسیله این نماتدها بوجود می‌آید، نشانگر تطبیق ماهرانه ای است که بین میزبان و انگل بوجود آمده است، بدین معنی که انگل، میزبان خود را وادار به تشکیل اندام اختصاصی می‌نماید که نماتد توسط آن به تغذیه و رشد خود ادامه دهد. ریشه‌هایی که دارای تعداد زیادی نماتدهای سیستی باشند رشد ضعیفی داشته، این گونه گیاهان چنانچه تحت تأثیر تنش‌های آبی و یا کمبود عناصر غذایی قرار گیرند، از بین خواهند رفت. در این گونه گیاهان، از تثبیت ازت بوسیله باکتریها ممانعت می‌گردد. چون تخم‌های زنده به مدت طولانی در خاک باقی می‌مانند بنابراین با کشت مکرر گیاهان حساس، جمعیت نماتدهای سیستی به میزان زیادی افزایش می‌یابد.

در گیاهان مقاوم، ممکن است لاروها برای تشکیل جایگاه تغذیه تلاش کنند ولی دیواره سلولهای گیاهان مقاوم غالباً ضخیم بوده و سلولها دچار مرگ می‌شوند. با این عمل از رسیدن مواد غذایی به لاروها ممانعت می‌شود.

زمانیکه شرایط محیطی برای نماتد نامساعد باشد جمعیت نرها بالا می‌رود، چون نماتدهای نر به غذای کمتری نسبت به نماتدهای ماده احتیاج دارند و در مرحله آزادزی نیز تغذیه نمی‌کنند.

نرها کرمی شکل هستند و زندگی کوتاهی دارند (10 روز یا بیشتر)، در طول این مدت، با بسیاری از ماده‌ها جفت‌گیری می‌کنند. در این مرحله از چرخه زندگی ماده‌های کرم یا سفیدرنگ، چاق و گوشتالو شده و از سطح ریشه بیرون می‌آیند و اندامهای تناسلی خود را در معرض نرها قرار می‌دهند. به نظر می‌رسد ماده‌ها فرمون‌هایی را جهت جذب نرها ترشح می‌کنند.



چرخه زندگی نماتد سیستی سفید سیب‌زمینی

علائم خسارت:

نماتد سیست سیب‌زمینی مانند سایر نماتدهای سیستی، علائم و آلودگی ویژه ای را ایجاد نمی‌کند. در ابتدا رشد گیاه تضعیف شده و گیاهان آسیب دیده علائم کلروز و پژمردگی همراه با رشد ضعیف جوانه انتهایی را نشان می‌دهند. رشد مناسب جوانه انتهایی، برای فتوسنتز و تولید مواد غذایی کافی و تولید غدد جدید ضروری می‌باشد. در گیاهان آسیب دیده غده‌ها نیز از لحاظ تعداد و اندازه کاهش می‌یابند. جهت تأیید وجود نماتد، نمونه خاک باید بررسی شود و یا اینکه ماده‌ها و سیست‌ها بایستی مستقیماً روی ریشه‌ها مشاهده گردند.



سیست‌های گرم‌رنگ روی ریشه‌های سیب‌زمینی



علائم بیماری روی غده‌های سیب‌زمینی



علائم بیماری در مزرعه سیب‌زمینی

راههای انتقال و انتشار:

غدد سیب زمینی آلوده، ریشه و خاک همراه سیب زمینی و دیگر گیاهان میزبان وارداتی، (بخصوص غدد بذری و خوراکی) و وسائل نقلیه از راههای دیگر انتقال این نماتد محسوب میگردند.

اقدامات قرنطینه ای:

باید از ورود غدد سیب زمینی و دیگر میزبان های نماتد از مناطق آلوده جلوگیری شود و در صورت ورود غدد و خاک همراه آنها را به منظور حصول اطمینان از عدم آلودگی با دقت بررسی نمود.

یک سری قوانین قرنطینه ای بایستی در کشورها وجود داشته باشد که از گسترش نماتد سیب زمینی ممانعت به عمل آید. پخش و جابجایی خاک بین دو کشور، بین دو مزرعه یا بین دو نقطه از مزرعه، عامل اصلی گسترش نماتد سیب زمینی است.

نماتد سیب زمینی در اروپا از طریق حمل و نقل و جابجایی غده های سیب زمینی و خاک چسبیده به غده ها گسترده شده است. در اکثر کشورها ایستگاههای قرنطینه ای وجود دارد که محموله های سیب زمینی وارداتی را بازرسی و کنترل می کنند. رفت و آمد ماشین آلات کشاورزی از یک ناحیه به ناحیه دیگر خطر جابجایی مواد آلوده را در پی دارد و نیاز است که حتماً ماشین آلات کشاورزی قبل از ورود به مزرعه دیگر شسته و چرخهای آنها ضد عفونی شود.

برخی از جابجایی های طبیعی خارج از کنترل ما هستند برای مثال، وزش بادهای قوی باعث جابجایی خاک سطحی از مزرعه آلوده به مزارع دیگر می شود و یا جابجایی خاک بوسیله سیل به مناطق غیر آلوده.

کود حیوانی نیز حاوی سیب زمینی های زنده می باشد. نشان داده شده است که سیب زمینی های موجود در کود حیوانی، قدرت تولید مثل خود را حفظ می کنند لذا یکی دیگر از عواملی که باعث انتقال آلودگی به مناطق سالم می شود کود حیوانی است.

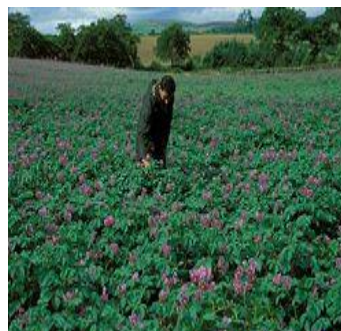
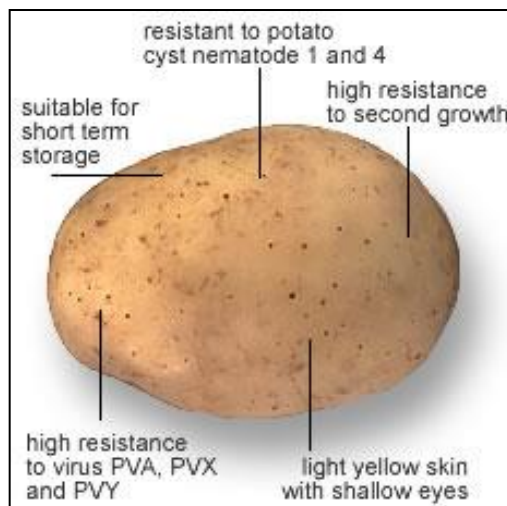
شرایط و قوانین برای کشاورزان مناطق زیر قرنطینه، شامل موارد زیر می باشد:

- 1- کاشت گیاهان حساس در منطقه آلوده ممنوع است.
- 2- حمل سیب زمینی به مناطقی که قرنطینه نیستند باید در بسته های کاغذی (نه کنفی) انجام گیرد تا از هرگونه آلودگی بسته های حمل و نقلی جلوگیری شود.
- 3- هیچگونه خاک یا چمنی بدون اجازه حق خارج شدن از مناطق قرنطینه ای (به مناطق غیر قرنطینه ای) را ندارد. از همین رو مزرعه و تجهیزات موجود در آن از قبیل ماشین آلات کشاورزی، پیش از آنکه از منطقه قرنطینه خارج شوند باید از هرگونه آلودگی زوده شوند و برای چنین تحرکاتی نیز باید اجازه خروج داشته باشند.

سایر روشها شامل: عدم برگرداندن خاک آلوده به نماتد سیب زمینی به مزارع، معدوم کردن غده های سیب زمینی آلوده، عدم انتقال خاک آلوده به نماتد سیب زمینی، تست و بررسی خاک جهت تأیید سلامت آن با کاشت ارقام سیب زمینی مقاوم و حساس به صورت متناوب، تا از بروز نژادهای جدید و بیماریزاتر پاتوژن جلوگیری شود.

روشهای ردیابی و بازرسی:

به دلیل احتمال ورود نماتد همراه محموله های وارداتی به کشور، لازم است هر ساله بطور مرتب با انجام بازرسی های قرنطینه بعد از ورود، مناطق تولید سیب زمینی پایش و بررسی گردند. همچنین لازم است غده های مشکوک به آلودگی را در آزمایشگاه بطور دقیق به منظور وجود یا عدم وجود نماتد بررسی دقیق نمود.



بازرسی قرنطینه ای در مزرعه سیب زمینی جهت ردیابی نماتد سیستی سفید سیب زمینی

منايع :

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

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

<http://www.cabicompendium.org/cpc/home.asp>

EPPO quarantine pest.http://www.eppo.org/QUARANTINE/QP_Nematodes.htm

<http://bspp.org.uk/ndr/ian2004/2004-02asp>

EPPO/CABI. 1997. In: Quarantine pests for Europe. 2nd ed. CAB International, Wallingford. pp.601-606.

WWW.nematode.net/Species.Summaries/Globodera.Pallida/index.php-32k-16 Dec2005-

www.inra.fr/Internet/Produits/HYPPZ/RAVAGEUR/6gloros.htm-6k-

www.eppo.org/QUARANTINE/nematodes/Globodera_pallida/HETDSP_ds.pdf

www.russjnematology.com/subbotin/Reprint/Real_time_PCR2005.pdf

www.cabi.org/dmpd/?loadmodule=review&page=4050&reviewid=170514&site=16

www.sustainableoilcip.org.uk/WP5_2.htm

www.thetelegram.com/News/Local/2013-03-18/article-3201798/Potato-pursuit/1

<http://www.thetelegram.com/News/Local/2013-03-18/article-3201798/Potato-pursuit/1>