

Nematodi vettori di virus

Xiphinema, *Longidorus*, *Trichodorus* e *Paratrichodorus*

Autori: Paul Dahlin, Jakob Egger, Tobias Stucky, Andrea C. Ruthes e Lara De Gianni

Generalità

I nematodi fitoparassiti costituiscono un gruppo eterogeneo di vermi filiformi microscopici che infestano le piante, causando, direttamente o indirettamente, perdite di resa e un peggioramento della qualità dei prodotti agricoli. Nell'agricoltura svizzera, questi parassiti rivestono un ruolo di particolare importanza, perché, oltre a danneggiare l'apparato radicale delle piante attaccate, alcune specie sono in grado di fungere da vettori biologici di virus vegetali. In questo contesto, assumono particolare rilievo i nematodi appartenenti alle famiglie *Longidoridae* (tra gli altri, *Xiphinema* e *Longidorus*) e *Trichodoridae* (tra gli altri, *Trichodorus* e *Paratrichodorus*). Grazie a uno stiletto boccale altamente specializzato e a una stretta interazione con le radici delle piante ospiti, alcune di queste specie sono in grado di acquisire particelle virali durante l'alimentazione e di trasmetterle successivamente ad altre piante.

Mentre le specie dei generi *Xiphinema* e *Longidorus* sono presenti prevalentemente nelle colture perenni, quali vigneti, frutteti e impianti di piccoli frutti, quelle dei generi *Trichodorus* e *Paratrichodorus* si riscontrano più frequentemente nei seminativi, in particolare nelle rotazioni colturali che prevedono patata, colture orticole e il frequente ricorso a colture intercalari. L'elevata polifagia di molte specie, unitamente alla loro capacità di mantenere una rilevanza epidemiologica anche a basse densità di popolazione, ne sottolinea il pericolo per la produzione vegetale. La combinazione di un'efficace colonizzazione delle radici, della capacità di sopravvivere per più anni nel suolo e di un'elevata adattabilità ecologica rende questi nematodi organismi nocivi di primaria importanza nei sistemi viticoli e frutticoli, così come negli impianti di piccoli frutti e nei seminativi, indipendentemente dai virus specifici che trasmettono.

Biologia dei generi *Xiphinema*, *Longidorus*, *Trichodorus* e *Paratrichodorus*

I nematodi fitoparassiti si distinguono per il loro modo di vita, l'habitat preferenziale nel suolo e le modalità di interazione con le radici delle piante ospiti. I quattro principali generi di nematodi vettori di virus nell'agricoltura svizzera sono *Xiphinema*, *Longidorus*, *Trichodorus* e *Paratrichodorus*. Sono tutti ectoparassiti, ossia organismi che rimangono all'esterno delle radici e si nutrono delle cellule radicali perforandole con il loro stiletto boccale.

Tutti e quattro i generi presentano un ciclo vitale simile: lo stadio di uovo, quattro stadi giovanili (J1–J4) e lo stadio adulto. Poiché a ogni muta, tra i diversi stadi, il rivestimento interno dell'esofago viene rinnovato, i nematodi perdono il materiale virale precedentemente acquisito. Inoltre, non si verifica alcuna trasmissione virale transovarica (alle uova). Alcuni virus vegetali possono tuttavia sopravvivere nei nematodi per lunghi periodi. Di conseguenza, le specie vettore possono contribuire alla successiva diffusione del virus anche dopo una prolungata assenza di piante ospiti infette.

Longidoridae: *Xiphinema* e *Longidorus*

Il genere *Xiphinema* comprende oltre 275 specie a livello globale, mentre il genere *Longidorus* ne conta più di 150, di cui oltre 70 in Europa. Entrambi i generi sono costituiti da nematodi di grandi dimensioni, dotati di un lungo stiletto boccale a forma di ago (fig. 1A, B), che consente loro di perforare anche i tessuti radicali più interni. Il loro apparato esofago-faringeo presenta una struttura peculiare e svolge un ruolo centrale nell'assunzione del cibo. L'assorbimento e la trasmissione dei virus vegetali dipendono, però, da specifiche interazioni tra nematodi e virus. Solo una parte delle specie è nota come vettore virale e risulta rilevante dal punto di vista epidemiologico. Tale capacità è specie-specifica ed è legata a determinate interazioni tra virus e nematodi.

I longidoridi si trovano prevalentemente negli strati profondi del suolo. La loro distribuzione verticale varia, tuttavia, a seconda della specie considerate e delle caratteristiche stazionali locali. Le specie del genere *Xiphinema* sono spesso presenti a una profondità di 30–50 cm, mentre quelle del genere *Longidorus* si trovano per lo più a 40–70 cm. Entrambi i generi possono comunque raggiungere anche profondità maggiori, in particolare nelle colture perenni con apparati radicali profondi, come vite, alberi da frutto o piccoli frutti.



Trichodoridae: *Trichodorus* e *Paratrichodorus*

I generi *Trichodorus* e *Paratrichodorus* comprendono complessivamente diverse decine di specie. A differenza dei longidoridi, i trichodoridi sono di dimensioni più ridotte e possiedono uno stiletto boccale più corto e robusto (fig. 1C), che utilizzano principalmente per perforare i tessuti esterni delle radici. Il loro esofago presenta una struttura diversa rispetto a quello dei longidoridi, pur svolgendo anch'esso un ruolo centrale nell'assunzione e nella trasmissione delle particelle virali. La capacità di fungere da vettori virali è tuttavia specie-specifica.

I trichodoridi vivono soprattutto negli strati superficiali del suolo, di norma tra 10 e 30 cm di profondità. Prediligono suoli ben aerati e piuttosto leggeri, come quelli frequentemente destinati alla coltivazione di patata, colture orticole e seminativi.

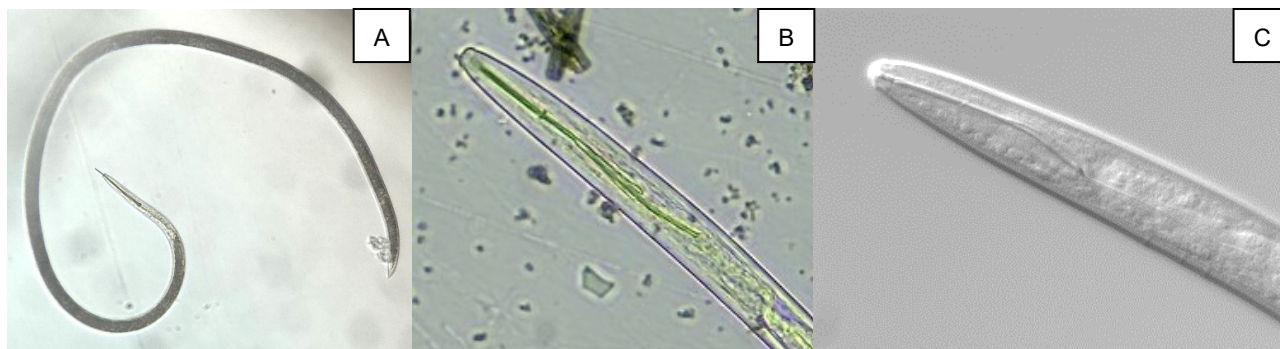


Fig. 1: Caratteristiche morfologiche dei principali generi di nematodi vettori di virus che affliggono l'agricoltura svizzera:

A) *Xiphinema* spp., stiletto boccale lungo e aghiforme utilizzato per perforare le cellule radicali situate in profondità.

B) Regione cefalica di *Longidorus* spp. con il caratteristico stiletto boccale lungo e slanciato.

C) Regione cefalica di un esemplare di *Trichodorus* con stiletto boccale retratto, tipico dei trichodoridi.

(fotografie C: Reinhard Eder, Agroscope)

Nematodi vettori di virus in viticoltura e nei seminativi

I generi di nematodi ectoparassiti *Xiphinema*, *Longidorus*, *Trichodorus* e *Paratrichodorus* sono rilevanti nell'agricoltura svizzera in quanto vettori di Nepovirus e Tobravirus (Tab. 1). La capacità di trasmettere i virus è specifica per genere e specie e si limita a poche specie all'interno di ciascun genere. Durante la perforazione trofica delle cellule radicali, le particelle virali provenienti da piante infette possono rimanere temporaneamente trattenute nell'apparato esofageo. Successivamente, quando i nematodi pungono le radici sane di un'altra pianta, tali particelle possono essere rilasciate e causare l'infezione. Spesso, il danno economico deriva non tanto dalle lesioni dirette delle radici, quanto dalla diffusione a lungo termine di virus vegetali persistenti all'interno della parcella.

In ambito viticolo, *Xiphinema index* e *Longidorus attenuatus* rivestono particolare importanza. *X. index* è un parassita altamente specializzato della vite e si riscontra prevalentemente nei vigneti, mentre *L. attenuatus*, specie generalista, è presente anche nelle zone adiacenti e funge inoltre da vettore di Nepovirus nei frutteti di drupacee. Entrambe le specie vivono prevalentemente negli strati più profondi del suolo e pungono apici radicali e giovani radichette, che rappresentano i principali siti di interazione per l'acquisizione e la trasmissione dei virus.

Nei seminativi e in orticoltura, un ruolo di primo piano è svolto da *Trichodorus* spp. e *Paratrichodorus* spp., mentre *L. attenuatus* è decisamente meno frequente. Questi nematodi sono particolarmente diffusi in suoli ben aerati e piuttosto leggeri, dove costituiscono una minaccia significativa per patata, bietola da zucchero e diverse specie di colture orticole. Il loro stiletto, relativamente corto e robusto, consente la perforazione dei tessuti radicali esterni. Anche questi generi possono acquisire particelle virali e rilasciarle al successivo contatto con nuove radici: un meccanismo responsabile, tra l'altro, della diffusione di Nepovirus e Tobravirus nei seminativi.

Tabella 1: Associazione tra piante ospiti e virus trasmessi dalle principali specie di nematodi vettori di virus nell'agricoltura svizzera

Genere di nematode	Principali specie vettori CH/Europa	Principali virus trasmessi	Colture economicamente rilevanti	Altre piante ospiti
<i>Xiphinema</i>	<i>X. index</i> , <i>X. diversicaudatum</i> , <i>X. vuittenzei</i>	<i>Grapevine fanleaf virus</i> (GLFV), <i>Arabid mosaic virus</i> (ArMV), <i>Raspberry ringspot virus</i> (RpRSV), <i>Strawberry latent ringspot virus</i> (SLRSV)	vite piccoli frutti frutticoltura	viti selvatiche mora lampone ortica graminacee
<i>Longidorus</i>	<i>L. attenuatus</i> , <i>L. elongatus</i> , <i>L. macrosoma</i>	<i>Tomato black ring virus</i> (TBRV), <i>Raspberry ringspot virus</i> (RpRSV)	colture orticole piccoli frutti frutticoltura	graminacee leguminose malerbe dei campi
<i>Trichodorus</i>	<i>T. primitivus</i> , <i>T. cylindricus</i> , <i>T. viruliferus</i>	<i>Tobacco rattle virus</i> (TRV)	patata colture orticole bietola da zucchero	colture intercalari crucifere graminacee malerbe dei campi
<i>Paratrichodorus</i>	<i>P. teres</i> , <i>P. pachydermus</i> , <i>P. minor</i>	<i>Tobacco rattle virus</i> (TRV)	patata colture orticole bietola da zucchero	crucifere leguminose graminacee malerbe dei campi

* Le *Colture economicamente rilevanti* sono quelle in cui i virus trasmessi causano danni e che fungono nel contempo da fonte di infezione per l'acquisizione e la diffusione da parte dei nematodi. Le *Altre piante ospiti*, invece, rappresentano principalmente una fonte di nutrimento e di sopravvivenza per i nematodi, ma non sono economicamente rilevanti dal punto di vista della trasmissione virale.

La diffusione dei nematodi vettori di virus avviene soprattutto attraverso la movimentazione del suolo, macchine e attrezzi contaminati da terra e materiale vegetale contaminato o non certificato. I medesimi canali di diffusione vengono utilizzati anche dai relativi virus vegetali. Le misure profilattiche e la certificazione contribuiscono, quindi, in modo significativo a ridurre l'introduzione e la diffusione di questi nematodi nei sistemi agricoli produttivi. Una volta insediati, i nematodi possono sopravvivere nel suolo per anni anche in assenza di piante ospiti, rappresentando così un rischio latente di infezioni successive. In assenza del vettore specifico, invece, la diffusione del virus rimane limitata alla trasmissione meccanica o alle piante già infette.

Sintomi sulle piante ospiti

L'infestazione da nematodi appartenenti a questi generi causa sintomi caratteristici nelle piante ospiti, che tuttavia non consentono di distinguere le singole specie di nematodi. Questi organismi pungono prevalentemente gli apici radicali e le giovani radichette, danneggiandone sia le cellule epidermiche sia i tessuti adiacenti. Ciò inibisce la crescita radicale e compromette l'assorbimento di acqua e sostanze nutritive (fig. 2).

Sintomi radicali

Le piante attaccate presentano una vitalità radicale ridotta e una minore formazione di radichette (fig. 2B). Spesso si osservano apici radicali ispessiti, contorti o a forma di uncino, la formazione di radici a forma di scopa (forte ramificazione al di sotto della zona danneggiata), nonché aree localizzate suberificate o necrotiche. In caso di forte infestazione gli apici radicali degenerano, riducendo la capacità della pianta di assorbire acqua e sostanze nutritive.

I sintomi visibili variano in funzione della coltura e delle condizioni stazionali locali:

- **Vite:** scarso germogliamento, crescita irregolare dei tralci, internodi accorciati e foglie clorotiche; i ceppi attaccati presentano una allegazione ridotta, uno sviluppo irregolare dei grappoli e acini di dimensioni inferiori; un'infestazione prolungata può determinare un progressivo indebolimento della pianta.
- **Alberi da frutto** (soprattutto melo e pesco): crescita ridotta, foglie di colore verde pallido e sviluppo irregolare della chioma; i danni risultano particolarmente evidenti nei giovani impianti.
- **Piccoli frutti** (p. es. fragola, lampone e ribes): ritardo della crescita, foglie pallide e frutti di dimensioni ridotte; negli impianti colpiti si osserva spesso uno sviluppo irregolare delle piante.
- **Patata:** l'infestazione da *Trichodorus* spp. e *Paratrichodorus* spp. può causare crescita irregolare, clorosi e deformazione dei tuberi; un sintomo caratteristico è la presenza di sottili anelli o macchie necrotiche all'interno dei tuberi stessi, che conferiscono un aspetto simile a quello causato dal marciume anulare virale della patata (Spraing), pur in assenza di una trasmissione virale rilevabile.
- **Colture orticole:** (p. es. carota, sedano, lattuga, e porro): radici fittonanti accorciate o ramificate, popolamento irregolare e arresto della crescita nelle prime fasi di sviluppo (fig. 2).
- **Bietola da zucchero e tabacco:** vitalità delle piante ridotta, colorazione verde chiaro e dimensioni ridotte delle foglie, nonché sviluppo ritardato.

L'intensità dei sintomi dipende dalla densità di popolazione dei nematodi, dalle caratteristiche del suolo e dalle condizioni meteorologiche. Nei suoli asciutti, compatti o poveri di sostanze nutritive, i danni risultano generalmente molto più gravi.

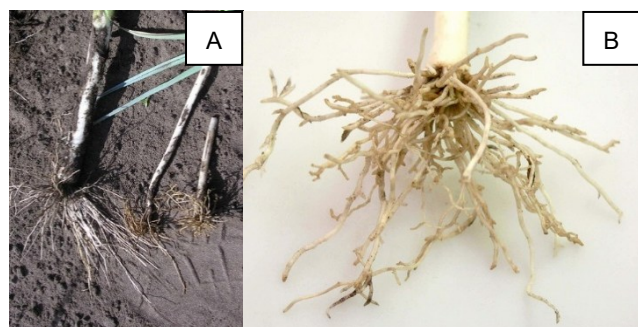


Fig. 2: Apparato radicale di porro danneggiato da nematodi trichodoridi:

A) pianta sana (a sinistra) e pianta colpita (a destra), caratterizzata da crescita ridotta e apparato radicale fortemente ramificato e atrofizzato.

B) Dettaglio dell'apparato radicale di porro con tipica deformazione a forma di scopa

(fotografie: Leendert Molendijk, WUR Wageningen)

Danni diretti e indiretti

I danni diretti sulle radici sono causati dall'attività di suzione dei nematodi. I danni indiretti derivano invece dalla trasmissione di virus vegetali, che indeboliscono ulteriormente le piante e, nel lungo periodo, possono comportare significative perdite di resa e un peggioramento della qualità dei prodotti agricoli.

Nelle colture perenni, come vite e alberi da frutto, *X. index* e alcune specie affini causano ulteriori sintomi quali clorosi, deformazioni fogliari, riduzione dell'allegagione e sviluppo irregolare dei grappoli, con conseguenti rilevanti perdite di resa legate alla trasmissione di Nepovirus, in particolare del virus dell'arricciamento fogliare della vite (Grapevine fanleaf virus).

Nel caso della patata, le specie dei generi *Trichodorus* e *Paratrichodorus* possono trasmettere Tobravirus, come il Tobacco rattle virus. Ciò provoca la sopracitata sindrome dello spraing, caratterizzata dall'apparizione di anelli necrotici, macchie brune e deformazione dei tuberi. In questi casi, i danni diretti causati dai nematodi si sovrappongono ai sintomi della virosi, rendendo difficile la diagnosi in campo.

I danni radicali causati dai nematodi possono poi rendere le piante più vulnerabili agli agenti patogeni presenti nel suolo e ridurre significativamente la loro tolleranza allo stress idrico e alla competizione con le altre piante. Nel corso di più cicli vegetativi, ciò può portare a un progressivo indebolimento della popolazione vegetale, nonché alla riduzione della durata delle colture sensibili, soprattutto laddove lo spazio per le radici è limitato o la struttura del suolo risulta sfavorevole.

L'intensità dei sintomi varia notevolmente in funzione delle condizioni stazionali locali, della coltura considerata, della sensibilità varietale e della densità di popolazione dei nematodi. Negli anni caratterizzati da un marcato deficit idrico o su suoli poco profondi, compatti e poveri di sostanze nutritive, i sintomi tendono a manifestarsi in modo più evidente.

Diagnostica e campionamento

I sintomi causati dai nematodi vettori di virus sono spesso aspecifici così da essere facilmente confusi con quelli attribuibili a stress idrico, carenze nutrizionali, compattamento del suolo o malattie radicali di origine tellurica. Una diagnosi certa è quindi possibile solo eseguendo l'analisi nematologica del suolo.

L'analisi richiede il prelievo di campioni di suolo nella zona radicale. Poiché le specie dei generi *Longidorus* e *Xiphinema* si trovano spesso negli strati più profondi del suolo, il campionamento andrebbe eseguito, a seconda della coltura considerata, fino a una profondità di 100 cm (ulteriori informazioni sono disponibili nelle schede tecniche Agroscope n. 180 e 181). Le specie dei generi *Trichodorus* e *Paratrichodorus*, invece, sono solitamente presenti negli strati superficiali del suolo.

Per un'analisi rappresentativa servono diversi campioni parziali per ciascuna parcella. Il campionamento andrebbe idealmente eseguito durante il periodo vegetativo oppure prima della messa a dimora di colture sensibili, come vite, alberi da frutto o piccoli frutti.

In particolare, in caso di problemi di crescita ricorrenti o di sospetti danni di origine virale, si raccomanda un'analisi integrata per la rilevazione sia dei nematodi sia dei virus vegetali.

Lotta

Non esistono strategie di lotta diretta efficaci e affidabili a lungo termine contro i nematodi vettori di virus dei generi *Xiphinema*, *Longidorus*, *Trichodorus* e *Paratrichodorus*. Questi ectoparassiti vivono nel suolo, spesso a profondità comprese tra 10 e 80 cm (nel caso di *Xiphinema* spp. anche fino a 3 m) e possono sopravvivere per diversi anni anche in assenza di piante ospiti. I nematicidi chimici, come carbammati e organofosfati, non sono più autorizzati né in Svizzera né nell'UE a causa della loro elevata tossicità e del loro impatto ambientale. Comunque, questi prodotti fitosanitari risultavano solo parzialmente efficaci contro le specie che vivono negli strati profondi del suolo.

Prevenzione e monitoraggio

Prima della messa a dimora di colture sensibili come vite, alberi da frutto o piccoli frutti, è opportuno valutare il rischio di infestazione da nematodi vettori di virus mediante un'analisi nematologica del suolo. Si raccomanda di effettuare controlli regolari, soprattutto nei suoli con problemi noti o in caso di sospetti danni di origine virale. La pulizia accurata di macchine e attrezzature è un'ulteriore misura preventiva utile a ridurre il rischio di movimentare suolo contaminato.

Strategie gestionali integrate e sostenibili

- **Rotazione colturale e riposo del terreno:** un periodo di riposo prolungato o la coltivazione a maggese per almeno 3–5 anni possono ridurre significativamente le popolazioni dei nematodi vettori. Particolarmente efficace è la coltivazione di piante non ospiti, come cereali (*Avena sativa*, *Triticum aestivum*) e graminacee (*Lolium perenne*), che interrompono il ciclo biologico dei vettori e riducono la trasmissione del virus.
- **Culture intercalari e sovesci:** le crucifere (*Sinapis alba*, *Brassica juncea*, *Raphanus sativus*), quando vengono interrate, rilasciano isotiocianati bioattivi capaci di inibire l'attività e la riproduzione dei nematodi. Anche alcune leguminose, come *Vicia villosa* e *Trifolium repens* esercitano un effetto indiretto, favorendo lo sviluppo del microbioma tellurico.
- **Lotta biologica:** studi recenti dimostrano che alcuni microrganismi antagonisti del suolo, come i funghi *Pochonia chlamydosporia* e *Purpureocillium lilacinum*, oppure il battere *Pasteuria penetrans*, sono in grado di inibire l'ovideposizione e la mobilità di specie appartenenti ai generi *Trichodorus* e *Xiphinema*. Questi approcci sono attualmente oggetto di sperimentazione in Europa, segnatamente in ambito viticolo e nella coltivazione della patata.
- **Concimazione organica del suolo:** l'apporto di compost, letame o la pratica del sovescio favoriscono il miglioramento della struttura del suolo e lo sviluppo di una microflora attiva, contribuendo alla riduzione delle popolazioni di nematodi. Le sostanze organiche promuovono inoltre lo sviluppo di funghi e batteri antagonisti, in grado di limitare i nematodi fitoparassiti.
- **Risanamento di parcelle contaminate:** in presenza di gravi infestazioni, in particolare su vite, piccoli frutti o patata, è consigliabile estirpare e allontanare tutte le piante presenti. Successivamente, il terreno dovrebbe essere lasciato a riposo oppure destinato alla coltivazione di specie non ospiti. Si raccomanda di attendere almeno cinque anni prima di ricoltivare specie sensibili, poiché *Xiphinema index* e *Longidorus attenuatus* possono sopravvivere anche dopo un prolungato periodo di coltivazione a maggese.

Una gestione efficace e duratura dei nematodi vettori di virus non può basarsi su singole misure di controllo, ma richiede l'integrazione di strategie preventive, quali la profilassi, un'adeguata rotazione colturale, la corretta gestione del suolo e l'impiego di materiale di propagazione sano e certificato come tale. Solo attraverso un tale approccio integrato è possibile contenere in modo sostenibile le popolazioni dei nematodi vettori e ridurre il rischio di trasmissione e diffusione delle virosi ad essi associate.

Misure profilattiche e certificazione

Il programma di certificazione della vite prevede che i vivai moltiplichino il materiale di propagazione esclusivamente su parcelle esenti da nematodi vettori e che le piante madri siano sottoposte a regolari controlli fitosanitari per verificare l'assenza di virus. Nella realizzazione di un nuovo vigneto è inoltre fondamentale scegliere vitigni meno suscettibili ai virus e ai loro vettori.

Alcuni virus della vite possono diffondersi anche per contatto diretto. Per questo motivo, durante la potatura è necessario disinfettare le forbici prima di passare da una pianta all'altra. Nella realizzazione di nuovi vigneti è fondamentale utilizzare esclusivamente materiale di propagazione certificato esente da virus, poiché i nematodi vettori e i virus da essi trasmessi possono persistere nel terreno per molti anni, soprattutto nelle colture perenni. Per la certificazione del materiale di propagazione di vite e drupacee, il Centro di competenza per la nematologia di Wädenswil (ZH, Svizzera) richiede che la parcella di moltiplicazione sia preventivamente sottoposta ad analisi per verificare l'assenza di longidoridi nel suolo. Le istruzioni per il campionamento sono disponibili al seguente indirizzo:

[Nematologische Untersuchungen Zertifizierung Steinobst: Basismaterial \(P1\) und Unterlagen/Edelreiser \(P2\)](#). Scheda tecnica Agroscope N° 181 / 2023 (in tedesco e francese)

Conclusioni

I nematodi vettori di virus sono tra i principali organismi del suolo responsabili della diffusione dei virus vegetali in viticoltura, frutticoltura, orticoltura e nei seminativi. I danni sono dovuti sia al deterioramento diretto dell'apparato radicale sia alla diffusione persistente dei virus. Poiché le misure di lotta diretta sono spesso limitate, la prevenzione assume un ruolo fondamentale, in particolare attraverso l'impiego di materiale vegetale certificato, adeguate pratiche profilattiche, rotazioni colturali mirate e una corretta gestione del suolo.

A causa dei sintomi spesso aspecifici, diagnosticare con sicurezza la presenza dei nematodi vettori di virus richiede un'analisi del suolo mirata.

Informazioni aggiuntive

[Nematologia](#) di Agroscope

[I nematodi tricotridi: vettori di virus della patata](#). Scheda tecnica Agroscope N° 105 / 2020

[Nematologische Untersuchungen Zertifizierung Steinobst: Basismaterial \(P1\) und Unterlagen/Edelreiser \(P2\)](#). Scheda tecnica Agroscope N° 181 / 2023 (in tedesco e francese)

[Nematologische Untersuchungen Zertifizierung Reben: Basismaterial \(P1\) und zertifiziertes Material \(P2\)](#). Scheda tecnica Agroscope N° 179 / 2023 (in tedesco e francese)

Colophon

Editore	Agroscope Schwarzenburgstrasse 161 3003 Berna www.agroscope.ch
Informazioni	Paul Dahlin, paul.dahlin@agroscope.admin.ch
Fotografie	Agroscope
Copyright	© Agroscope 2026

Esclusione di responsabilità

Agroscope declina ogni responsabilità per eventuali danni legati all'applicazione delle informazioni contenute in questa scheda tecnica. Si applica la giurisprudenza svizzera aggiornata.