

INDAGINI SULLA BIOLOGIA DI *XIPHINEMA INDEX* THORNE
ET ALLEN IN VIGNETI SARDI (1)

di
U. PROTA e R. GARAU

L'importanza che *Xiphinema index* Thorne et Allen ha assunto in questi ultimi anni è fondamentalmente legata all'accertamento delle sue capacità vettrici nei confronti del virus del « complesso dell'arricciamento » della Vite (GFV) (Hewitt *et al.*, 1958). Questa scoperta, aprendo nuovi campi d'indagine, ha dato il via ad una consistente serie di ricerche che, estendendosi ad altre specie di nematodi, ha contribuito, con i suoi risultati, a chiarire alcuni interessanti aspetti relativi alle modalità di trasmissione dei virus attraverso il terreno (vedi tra gli altri Harrison e Cadman, 1959; Jha e Posnette, 1959; Harrison, 1961; Harrison *et al.*, 1961; Taylor, 1962; Gibbs e Harrison, 1964). Per quanto concerne *X. index*, le ricerche indirizzate allo studio dei rapporti con GFV e le piante ospiti sono già abbastanza numerose (vedi tra gli altri Raski e Hewitt, 1960; Hewitt e Raski, 1962; Taylor e Raski, 1964), mentre quelle relative alla sua biologia e particolarmente quelle riguardanti il ciclo vitale della specie e le fluttuazioni delle popolazioni nei differenti ambienti non lo sono altrettanto; inoltre, i risultati ottenuti dai diversi ricercatori in questi particolari campi d'indagine sono, in qualche caso, alquanto discordanti (Radewald e Raski, 1962; Taylor, 1963; Lamberti e Martelli, 1965; Amici, 1967; Cohn e Mordechai, 1969; Cotten *et al.*, 1970).

Poiché da recenti studi è risultato che *X. index* è, dopo *X. mediterraneum* Martelli e Lamberti (Lamberti e Martelli, 1971),

(1) Lavoro eseguito nell'ambito delle ricerche del « Gruppo di Lavoro per le virosi » del C.N.R.

la specie dei Longidoridae più frequente nei vigneti sardi (Prota, 1970; Prota *et al.*, 1971) dove è possibile reperirlo, con popolazioni anche molto dense, nei più svariati ambienti pedologici (Prota, 1970a), si è voluto indagare sul comportamento dinamico di alcune sue popolazioni e tentare di stabilire i termini di tempo in cui si svolge il suo ciclo vitale, rilevando gli elementi direttamente dall'ambiente viticolo dove è presumibile che esso abbia raggiunto uno stadio di naturale equilibrio.

Materiali e metodi

Per rappresentare in modo adeguato la popolazione sarda di *X. index*, l'indagine venne svolta in sei vigneti di differenti località delle regioni centrali (Meana Sardo, Oliena e Oniferi) e meridionali dell'Isola (Assemini, Barisardo e Calasetta). La scelta di queste località e dei vigneti destinati alla raccolta sistematica dei campioni venne fatta tenendo conto della presenza di *X. index* con popolazioni discretamente dense, in vigneti di età non inferiore ad anni 20 e in ambienti rappresentativi delle varie zone viticole isolate.

In ciascun vigneto, i successivi prelievi vennero eseguiti entro il perimetro di una zona di circa 100 m² di superficie (praticamente un'area circolare di 12-15 m di diametro) con proprietà fisico-chimiche abbastanza omogenee, predestinata a tal uopo dopo che una precedente serie di campionamenti aveva accertato, nell'ambito della stessa zona, una discreta corrispondenza dei valori della densità della popolazione del nematode. I prelievi vennero effettuati dal febbraio 1968 al giugno 1971 all'incirca ogni due mesi nelle località Barisardo, Oliena e Oniferi; bimestralmente sino al giugno 1969 e mensilmente per il restante periodo nelle località Assemini, Calasetta e Meana Sardo. Durante i prelievi in campo si misurò la temperatura del suolo alla profondità di campionamento e, in laboratorio, l'umidità relativa del terreno prelevato.

Il campione medio destinato all'estrazione dei nematodi venne sempre ottenuto con terreno prelevato in corrispondenza dell'apparato radicale di almeno due viti e alla profondità media di 25-35 cm. Per ciascuna località, tali campioni, consistenti in 6-8 Kg di terra, vennero tenuti in sacchetti di materiale plastico sino al momento dell'estrazione; operazione che venne sempre eseguita nel più breve tempo possibile, utilizzando 600 cc di terra, con l'elutriatore di

Seinhorst modificato (Seinhorst, 1962a). I nematodi estratti da ciascun campione vennero raccolti in un piccolo volume di acqua e uccisi a caldo aggiungendo alla sospensione 5 ml di TAF (secondo Goodey, 1963), portati fin quasi al punto di ebollizione e quindi trasferiti in TAF a temperatura ambiente. I nematodi provenienti dalle località Barisardo, Oliena e Oniferi vennero, per l'intero periodo dell'indagine, immediatamente contati, distinguendo in ciascun caso gli adulti dalle forme giovanili; quelli provenienti dalle altre tre località furono assoggettati ad analoga operazione sino al giugno 1969, successivamente, e sino alla conclusione della ricerca, i nematodi estratti da tali campioni (ora raccolti mensilmente), dopo il trattamento con TAF, vennero montati in glicerina con il metodo rapido di Seinhorst (1962) ed osservati e misurati a maggiori ingrandimenti al fine di poter distinguere con precisione i diversi stadi giovanili.

Risultati

1) Tentativo di individuazione del ciclo vitale di *X. index*.

I diagrammi della Fig. 1 illustrano gli andamenti delle medie delle percentuali delle femmine gravide, degli adulti e dei quattro stadi giovanili relativi alle tre località (Assemini, Calasetta e Meana Sardo) dove vennero eseguiti campionamenti mensili, durante il periodo luglio 1969 - giugno 1971; le medie di cui sopra vennero calcolate con l'ausilio dei valori angolari relativi alle singole percentuali (secondo Bliss, riportato da Snedecor, 1950). Dal loro esame risulta quanto segue:

a) tanto gli adulti, quanto i quattro stadi giovanili sono costantemente rappresentati, seppur con variabili valori percentuali, in tutti i prelievi effettuati nel corso dell'indagine;

b) le femmine con uova uterine sono presenti in cinque distinti periodi che indicano l'esistenza, nell'ambito di ciascun anno, di due successive fasi di ovulazione: una principale durante il periodo primaverile-estivo ed una secondaria, nettamente meno importante della precedente, durante il periodo autunnale o autunno-invernale. Inoltre, in linea generale, durante i periodi nei quali più facilmente si reperiscono femmine gravide, coincidono fasi d'incremento nella proporzione di adulti;

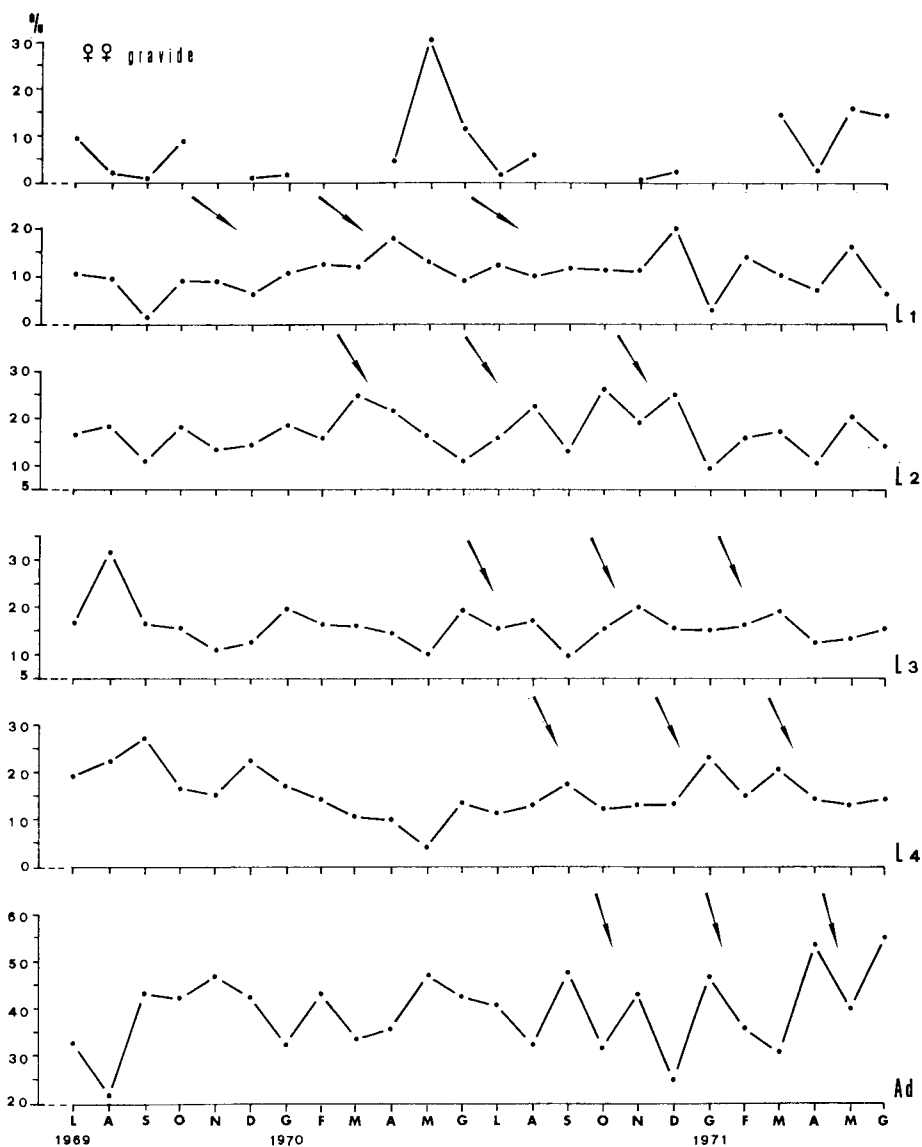


Fig. 1 - Composizione media percentuale degli stadi di *Xiphinema index* Thorne *et* Allen, rilevata in campioni di nematodi estratti da tre popolazioni sarde, durante il periodo febbraio 1968-giugno 1971. Le percentuali degli adulti e dei quattro stadi giovanili sono riferite al totale d'individui della specie estratti in ciascun campionamento; quelle delle femmine gravide sono riferite al totale delle sole femmine. Le frecce indicano la presumibile progressione dei vari stadi, in tre supposti cicli del nematode in natura e seguono le più importanti fasi d'incremento dei successivi stadi.

c) partendo dai periodi in cui più numerose si reperiscono femmine gravide, seguendo poi cronologicamente le più importanti fasi d'incremento dei successivi stadi giovanili e giungendo, infine, al periodo in cui si rilevano incrementi piuttosto consistenti nella percentuale di adulti, si è ritenuto di poter individuare, nella sequenza di alcune delle predette fasi, dei particolari andamenti legati all'evoluzione dei vari stadi del nematode e rappresentanti, nel loro insieme, lo sviluppo di alcuni possibili e successivi cicli di tale specie nelle condizioni naturali di ambiente proprie dei vigneti sardi. Le indicazioni fornite dai diagrammi, stabilirebbero una durata media di tali cicli variante tra i 12 ed i 14 mesi. In linea generale risulterebbe inoltre che le varie fasi di passaggio dalla femmina gravida sino al completamento del ciclo, attraverso i quattro stadi giovanili, avverrebbero nei termini di tempo qui appresso indicati: da femmina gravida a primo stadio giovanile entro periodi di 3 o 4 mesi (più frequentemente 4), comprendenti anche quelli di permanenza delle uova nel suolo, non rilevati nel corso dell'indagine; da primo a secondo stadio giovanile entro periodi varianti tra i 2 ed i 3 mesi (più frequentemente 3); da secondo a terzo stadio entro periodi medi di 3-5 mesi (più frequentemente 3); da terzo stadio giovanile a preadulto entro 1-2 mesi (più frequentemente 2); da preadulto ad adulto entro 1-2 mesi (più frequentemente 1).

2) Indicazioni sulla dinamica delle popolazioni.

I dati relativi a questa parte della ricerca sono stati desunti dal numero di adulti e di forme giovanili accertato con i campionamenti eseguiti bimestralmente in ciascuna delle sei località oggetto dell'indagine, durante l'intero periodo corrente dal febbraio 1968 al giugno 1971. I diagrammi della Fig. 2 che illustrano l'andamento dei livelli medi della densità delle popolazioni di *X. index* in Sardegna, sono stati realizzati riportando in corrispondenza delle date dei successivi prelievi la media delle percentuali relative alle sei località (previa conversione delle medesime percentuali in valori angolari); tali percentuali erano state, a loro volta, calcolate separatamente per ciascuna località facendo uguale a 100 sia il totale di individui isolati durante l'intero ciclo d'indagine (diagramma a), sia il totale di individui isolati durante successivi cicli annuali o di frazioni di anno (diagramma b).

L'esame degli andamenti illustrati dai due citati diagrammi mette in risalto alcuni particolari aspetti del comportamento dinamico delle popolazioni di *X. index* in Sardegna: mentre il diagramma a consente di trarre elementi su possibili modificazioni del livello medio della densità in periodi di tempo abbastanza ampi, il diagramma b evidenzia quelle fasi di fluttuazione delle popolazioni pro-

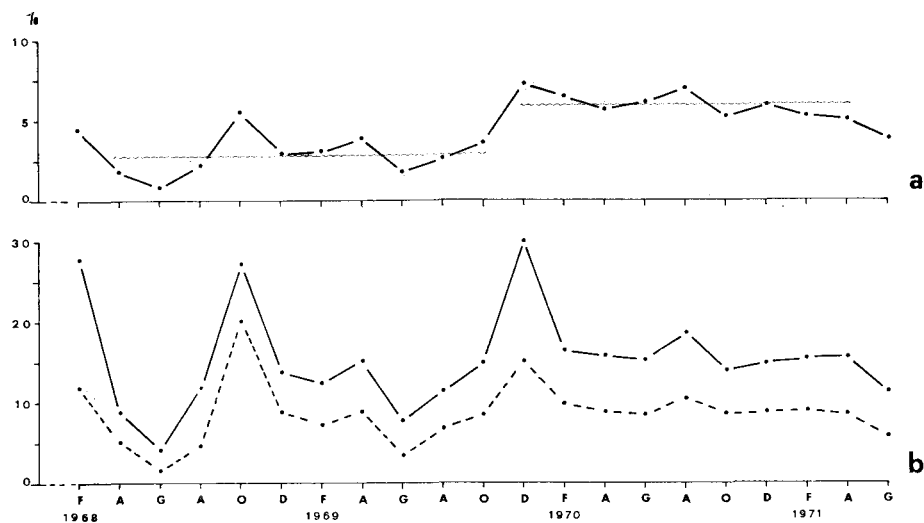


Fig. 2 - Distribuzione percentuale media del livello di densità delle popolazioni sarde di *X. index*.

Nel grafico a sono riportate le percentuali di nematodi isolati in ciascun campionamento, riferite al totale isolato durante l'intero ciclo d'indagine; si noti l'esistenza di ampi periodi (precisati dalle linee orizzontali) caratterizzati da livelli medi di densità della popolazione nettamente differenziati.

Nel grafico b le percentuali sono riferite al totale di individui isolati durante distinti cicli annuali e mettono in evidenza fasi di fluttuazione presumibilmente dipendenti da variazioni stagionali. La linea tratteggiata indica la proporzione delle forme giovanili accertata in ciascun campionamento.

tabilmente più strettamente dipendenti da variazioni stagionali. L'andamento del primo grafico mostra chiaramente l'esistenza di periodi, anche piuttosto lunghi, caratterizzati da livelli medi di densità della popolazione marcatamente differenziati. Nel caso particolare si rileva che per tutto il periodo corrente tra l'aprile del 1968 e l'ottobre del 1969 il livello medio della densità si mantiene su valori nettamente inferiori a quelli accertati nel periodo successivo intercorrente dal dicembre del 1969 all'aprile del 1971. Inoltre,

la flessione del giugno 1971 parrebbe indicare un'ulteriore modificazione di tali valori precludendo il ritorno a valori di densità più bassi. È interessante segnalare che questo andamento, anche nei termini di tempo sopra indicati, è stato rilevato in tutte le popolazioni, rappresentanti il campione, fatta eccezione per una di esse (Meana Sardo), che pur esibendo analoghe variazioni, le ha evidenziate in periodi di tempo differenti da quelli sopra riportati.

Per quanto concerne le variazioni stagionali della densità, l'indagine ha messo in evidenza la ricorrenza di abbastanza precise fluttuazioni; il diagramma b, che illustra questo particolare aspetto, mostra la tendenza delle popolazioni a ripetere le fasi di incremento, spesso culminanti con dei netti picchi, in determinati periodi dell'anno. Nel caso specifico si notano delle fasi principali d'incremento durante l'autunno (degli anni 1968 e 1969), seguite da fasi meno importanti nella primavera (1969 e 1971) o nella tarda estate (1970).

Per ottenere ulteriori indicazioni su questo argomento e tentare di spiegare, almeno in termini quantitativi le più importanti fasi d'incremento della densità delle popolazioni, si è ritenuto utile analizzare separatamente il comportamento generale delle popolazioni di Assemini, Calasetta e Meana Sardo durante il periodo luglio 1969 - giugno 1971. Da queste località, oltre ai dati più numerosi derivanti dai prelievi mensili, era possibile ricavare alcuni utili elementi riguardanti l'andamento e le variazioni della consistenza delle prime forme giovanili. In particolare si è voluto confrontare l'andamento globale delle tre citate popolazioni, con l'andamento particolare delle forme appartenenti al primo stadio giovanile e ciò in rapporto alla presumibile influenza esercitata dal predetto primo stadio nel determinare fasi d'incremento dell'intera popolazione.

Il diagramma 1 della Fig. 3, illustra l'andamento medio della densità delle tre popolazioni con valori espressi in percentuale rispetto al totale di individui isolati nell'intero ciclo. Da esso si rilevano numerose fasi crescenti nella densità della popolazione e tra queste, diverse fasi, in particolare quelle del periodo autunnale del 1969 e dei periodi primaverile ed estivo del 1970, che coincidono con analoghi periodi d'incremento accertati sull'intero campione dell'indagine (tutte e sei le località) e illustrati nella Fig. 2. I successivi diagrammi 2 e 3 della stessa figura, esprimono entrambi, seppur sotto aspetti differenti, in rapporto alle differenti modalità di rilevamento, l'andamento delle forme appartenenti al primo stadio giovanile; essi rappresentano rispettivamente il numero di individui

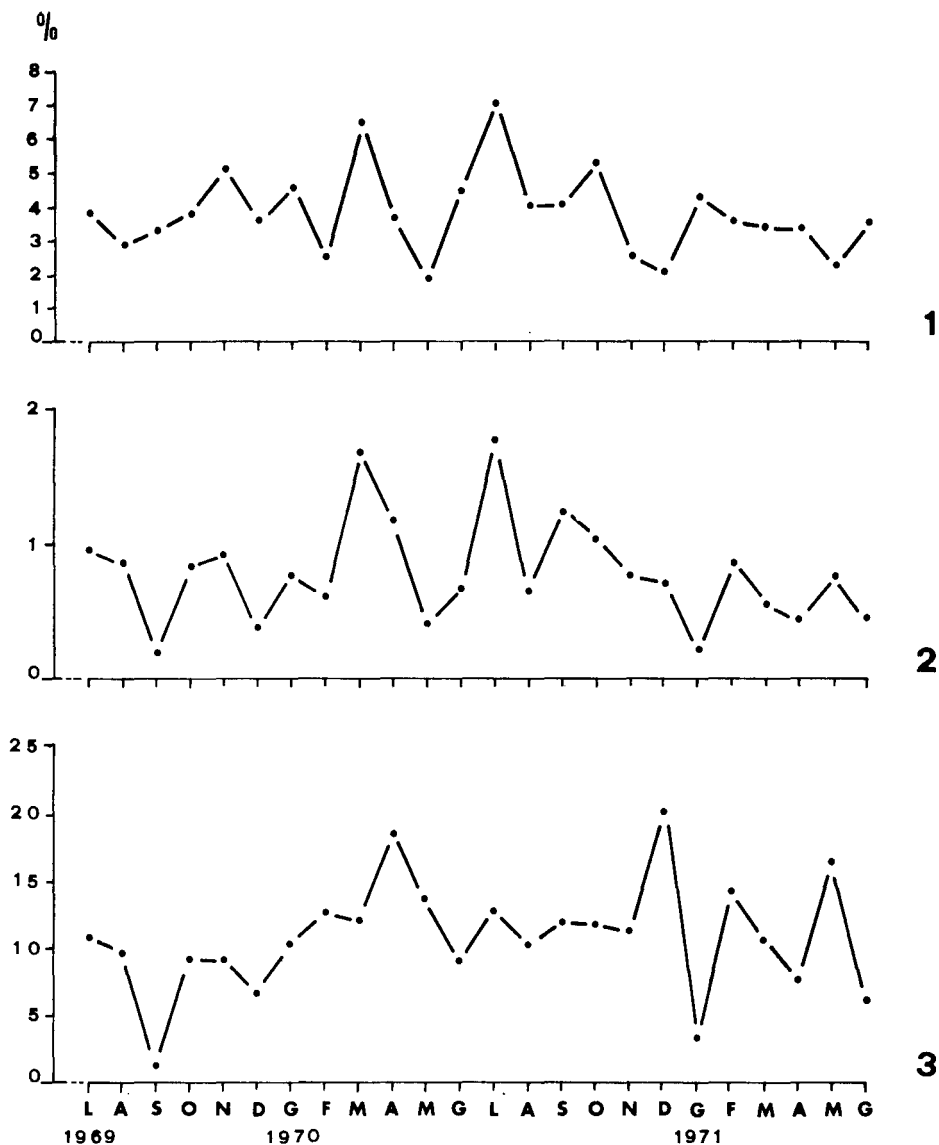


Fig. 3 - Confronto grafico tra l'andamento del livello di densità medio (espresso in %) di tre popolazioni sarde di *X. index* (diagramma 1) e l'andamento percentuale del primo stadio giovanile delle medesime popolazioni, riferito sia al totale di forme giovanili isolate durante l'intero periodo (diagramma 2), sia al totale d'individui della specie isolati in ciascun singolo campionamento (diagramma 3). Si noti la frequente e discreta corrispondenza tra le fasi d'incremento del primo stadio giovanile e quella dell'intera popolazione.

del primo stadio raccolti in ciascuna osservazione espresso in percentuale rispetto al totale di forme giovanili cumulate a fine ciclo e le proporzioni dello stesso stadio (in %) sul totale di individui isolati in ciascun singolo campionamento. Entrambi i diagrammi mettono in evidenza una certa corrispondenza delle fasi d'incremento di tale stadio rilevate in ciascuno di essi ed inoltre un'altrettanta buona coincidenza di queste fasi con quelle evidenziate dall'andamento relativo all'intera popolazione (diagramma 1).

Per quanto concerne il complesso delle forme giovanili presenti nei campioni isolati durante i successivi periodi dell'indagine, il diagramma b della Fig. 2 mostra che, salvo qualche eccezione, esse rappresentano mediamente il 50-65% della popolazione e che le variazioni in più o in meno di tale proporzione media non sembrano verificarsi o ripetersi in concomitanza di modificazioni della densità della popolazione medesima. Risulta infatti che mentre nel periodo ottobre-dicembre 1968 l'aumento della popolazione appare essere fondamentalmente sostenuto da un'elevata percentuale di forme giovanili — cosa che si ripete anche, seppur meno nettamente, nella tarda estate del 1970 — in altri periodi invece, come in quelli primaverile ed autunnale del 1969 e primaverile del 1971, l'incremento della densità non sembra coincidere con una maggiore proporzione delle predette forme giovanili. A tale riguardo però è risultato (cfr. Fig. 1) che questa correlazione, incostante se riferita al complesso delle forme giovanili, è molto più frequente se riguardata limitatamente al confronto con le sole forme del primo stadio.

Altre informazioni che sono state ottenute con l'indagine si riferiscono all'andamento dell'attività trofica di *X. index* nei differenti periodi stagionali e sono state desunte da osservazioni condotte sugli adulti isolati dalle tre popolazioni assoggettate a campionamenti mensili. La Fig. 5 esprime, in valori percentuali riferiti al totale di individui isolati in ciascuna osservazione, il numero di nematodi che, al momento della raccolta, si trovavano in una fase di attiva alimentazione con l'intestino ricolmo di granuli scuri. Essa mostra dei picchi di massima percentuale, rispettivamente di circa 60 e 70%, durante la tarda estate del 1969 e l'inizio dell'autunno del 1970 e delle flessioni, con minime percentuali del 20 e 40%, rispettivamente durante l'inverno del 1969-70 e l'autunno-inverno del 1970-71. I picchi positivi (estivo-autunnali) e negativi (autunno-invernali) vengono raggiunti da fasi crescenti e decrescenti delle predette percentuali che presentano, in genere, un andamento abbastanza graduale;

solo in coincidenza delle punte minime, tali andamenti presentano delle cadute con scarti piuttosto consistenti.

Nella Fig. 4, infine, sono illustrati i grafici relativi all'andamento medio della temperatura e dell'umidità rilevate nel suolo alla profondità di campionamento, nei tre vigneti delle già citate località. Le temperature massime, comprese tra i 25° ed i 30° C, si registrano in piena estate (mese di agosto); ma valori superiori ai 20° si hanno anche tra giugno e ottobre. Le minime termiche, tra i 5° ed i 10° C si verificano di solito tra dicembre e marzo. Il tasso di umidità relativa non presenta scarti notevoli e varia, nel complesso, tra minimi di oltre il 5% e massimi superiori al 15%, in corrispondenza rispettivamente dei periodi estivi e invernali.

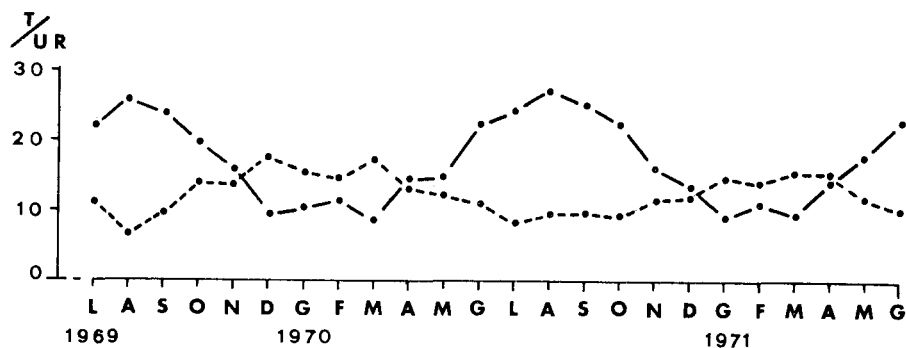


Fig. 4 - Media delle temperature (linea continua) e dell'umidità (linea tratteggiata) del suolo, alla profondità di campionamento, rilevate nelle località di Assemini, Calasetta e Meana Sardo durante il periodo luglio 1969 - giugno 1971.

Discussione

È necessario premettere, ai fini di una più corretta interpretazione dei risultati, che tutti gli elementi riportati in questa nota sono stati desunti da osservazioni condotte direttamente su campioni di *X. index* appartenenti a popolazioni costituite naturalmente in vigneti della Sardegna centro-meridionale. Ciò è importante perché le conclusioni alle quali si è giunti sono scaturite dall'analisi relativa ai vari componenti le popolazioni stesse che sono soggette, in campo, all'influenza di molteplici fattori ambientali e biologici di difficile controllo.

Uno dei primi elementi emerso dai risultati, e che più stretta-

mente può essere legato al naturale evolversi del ciclo vitale della specie, è relativo all'accertamento della presenza di forme adulte e giovanili (appartenenti ai 4 stadi di evoluzione) in tutti i periodi dell'anno e per l'intero ciclo d'indagine. Sta di fatto che la presenza delle forme giovanili successive al primo stadio e quella degli stessi adulti è condizionata e dipendente dagli stadi precedenti, mentre la presenza di forme appartenenti al primo stadio di evoluzione dipende necessariamente dalle deposizioni delle uova da parte delle femmine gravide che, come si è visto, sono reperibili solamente in alcuni determinati periodi dell'anno. Ne conseguirebbe che, mentre per la presenza degli adulti e delle forme giovanili successive al primo stadio sarebbe facile trovare piena giustificazione, non altrettanto si può dire per quanto concerne la presenza delle forme appartenenti al predetto primo stadio. La spiegazione di questo fatto dovrebbe essere ricercata nell'intervento di fattori di diversa natura, tra i quali riteniamo più probabili, la possibile dilazione nel tempo della schiusura delle uova (pur rispettando i periodi ottimali durante i quali queste avvengono con maggiore frequenza), la discreta lunghezza del periodo di tempo occorrente a tale stadio per mutare a quello successivo e, infine, il ripetersi durante l'anno di più periodi di ovulazione. Fattori questi che, in natura, sarebbero condizionati dalle differenti situazioni ambientali e sarebbero quindi suscettibili di possibili variazioni. In definitiva la probabile sovrapposizione di cicli e conseguentemente la presenza di individui appartenenti a successive generazioni giustificerebbe il costante reperimento nel suolo di tale stadio.

Queste circostanze non escluderebbero, peraltro, la possibilità di fluttuazioni nell'ambito di ciascuno stadio di sviluppo; ed è appunto la presenza di successive e significative fasi di incremento dei vari stadi, ognuna delle quali legata all'evoluzione di quello precedente, che si è ritenuto di individuare una sequenza tale da giustificare l'esistenza di cicli vitali di *X. index* nei termini da noi indicati.

In merito a ciò le indicazioni da noi desunte, se da un lato contrastano con i risultati ottenuti da Raski e Radewald (1962) e da Taylor (1963) che indicano l'esistenza di cicli piuttosto brevi (meno o poco più di un mese), dall'altro possono essere considerate verosimili se comparate ai risultati ottenuti da Cohn e Mordechai (1969) e da Cotten *et al.* (1970) con le indagini condotte sullo stesso *X. index*; da Flegg (1968) con osservazioni eseguite su differenti

specie dello stesso genere e da Thomas (1969) con le ricerche su *Longidorus elongatus* (de Man) Thorne *et* Swanger. In tutti i suddetti casi, comunque, la notevole diversità di alcuni risultati o la non perfetta concordanza di altri, potrebbe essere attribuita, in buona misura, sia alle differenti tecniche usate nella conduzione delle indagini, sia all'influenza dei differenti ambienti nei quali le indagini medesime sono state eseguite.

Circa la presumibile correlazione esistente tra una maggior proporzione di forme giovanili presenti in un determinato periodo e l'aumento della densità della popolazione, i risultati parrebbero fornire indicazioni non sempre concordanti, nel senso che non sempre si è rilevata una diretta corrispondenza tra aumento di tali forme e aumento della densità globale. A nostro avviso tali elementi contrastanti benché esatti, potrebbero essere in parte solo apparenti e ciò, in special modo, se si tiene conto che l'aumento della densità della popolazione, indipendentemente da altre circostanze, può essere indotto unicamente dall'immissione nell'ambiente di nuovi individui. Quindi solamente dalle forme del primo stadio giovanile che, come a noi è più volte risultato, registrano fasi di incremento in concomitanza con quelle della popolazione totale, anche quando la proporzione del complesso di forme giovanili è inferiore alla media da noi accertata. In conclusione sarebbe verosimile ammettere, in virtù anche dei risultati illustrati nella Fig. 1 che, in qualche occasione, contemporaneamente all'immissione delle nuove forme giovanili si verifichi un consistente passaggio, attraverso l'ultima muta, dallo stadio di preadulto a quello definitivo di individuo maturo.

Ma se da un lato è possibile spiegare gli incrementi della popolazione con l'immissione nell'ambiente di nuove forme giovanili, dall'altro risulta non facile giustificare, unicamente sulla base degli elementi acquisiti durante l'indagine, le fasi, spesso repentine, di flessione nella densità delle medesime popolazioni. È chiaro che a determinare in campo tali fenomeni intervengono diversi fattori e, a nostro avviso, i riferimenti alle variabili condizioni ambientali di temperatura e di umidità del suolo e di vegetazione dell'ospite non sarebbero sufficienti a chiarire completamente tali aspetti. Infatti, si nota che le flessioni si verificano indifferentemente in periodi durante i quali nel suolo si ha una temperatura mediamente bassa o elevata, con tassi altrettanto variabili di umidità e quando l'ospite si trova in una fase di minore o maggiore attività radicale. Ad analoghe conclusioni, d'altro canto, sono giunti anche Cotten e Coll.

(l.c.) che, nelle loro indagini, registravano, contrariamente alle previsioni, le maggiori flessioni negli ambienti riscaldati in confronto a quelli freddi.

Analogamente non è facile trovare una spiegazione per giustificare le variazioni del livello medio della densità delle popolazioni verificatesi ad intervalli di tempo piuttosto ampi (16-18 mesi), messe in evidenza dal diagramma a della Fig. 2. È presumibile che ciò debba attribuirsi al succedersi nel tempo di situazioni ambientali ora favorevoli, ora meno favorevoli alla moltiplicazione e alla vita dei nematodi; ma poi quali siano le condizioni o i fattori che determinano tali situazioni non siamo in grado di precisare.

Un'altra indicazione fornita dai risultati si riferisce alla limitata influenza esercitata dai predetti fattori ambientali nel condizionare la presenza dell'una o dell'altra delle forme giovanili. Appare molto chiaro, infatti, che nelle condizioni proprie degli ambienti viticoli dove è stata condotta l'indagine, non sussista alcun fattore che possa influire negativamente sulla sopravvivenza delle diverse forme della specie, anche in quei periodi dell'estate e dell'inverno che, per diversi motivi, potrebbero essere considerati critici alla vita del nematode. I dati riportati nella Fig. 4 dovrebbero essere sufficienti a confermare tale punto di vista; essi, infatti, mostrano discrete e graduali escursioni termiche col succedersi delle stagioni, ma con punte di massima e di minima ancora abbondantemente comprese nei limiti di temperatura sopportabili da questa specie e non risultare quindi di nocimento ad alcuno dei suoi stadi evolutivi; analoghe considerazioni riteniamo possano farsi per quanto concerne il tasso di umidità che, pur con le discrete variazioni cui è soggetto, dovrebbe risultare sempre sufficiente a garantire la vita del nematode.

Conclusioni ben differenti si traggono, invece, se si analizza l'influenza esercitata da tali variabili sull'attività trofica degli adulti, piuttosto che sulla loro sopravvivenza. La Fig. 5 mostra una certa corrispondenza delle flessioni delle percentuali di adulti in attiva alimentazione con i periodi in cui sono stati registrati degli abbassamenti termici, e una graduale fase crescente della stessa percentuale, culminante con le punte massime, con i periodi durante i quali si verificano innalzamenti termici e poi quando le temperature si mantengono al disopra dei 20° C. Questi dati ci informano innanzitutto che durante i periodi freddi si alimenta un minore numero di individui, ma nello stesso tempo non ci consentono di presumere se tali flessioni siano determinate o dall'azione diretta

della bassa temperatura che, limitando la dinamicità dei nematodi renderebbe più difficoltosa la ricerca del nutrimento, oppure dalla conseguente rallentata attività radicale delle piante ospiti che offrirebbero ai nematodi medesimi una minore quantità di alimento. È facile pensare che entrambe le circostanze concorrano a realizzare tale situazione, così come è altrettanto probabile che le fasi crescenti delle percentuali di adulti in attiva alimentazione siano in buona parte governate, direttamente o indirettamente, dalle corri-

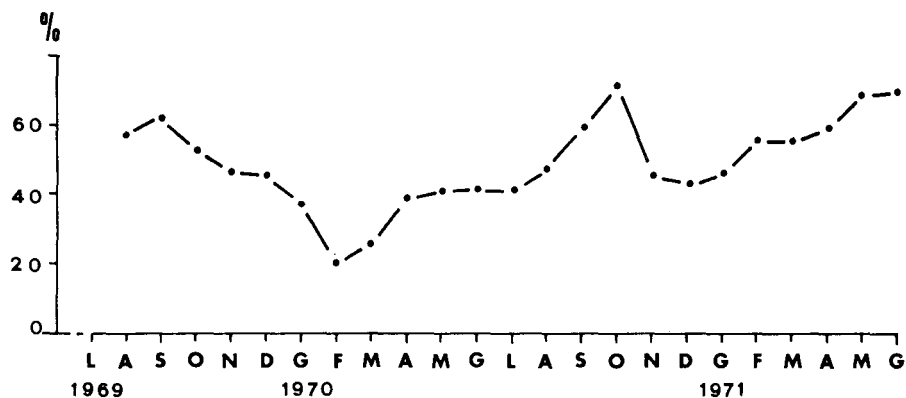


Fig. 5 - Percentuale di adulti in attiva alimentazione accertata nei campioni di nematodi isolati dalle popolazioni di Assemini, Calasetta e Meana Sardo durante il periodo luglio 1969 - giugno 1971.

spondenti fasi di temperatura elevata. Al riguardo, l'analisi statistica dei valori relativi alle percentuali di individui in attiva alimentazione e alle temperature accertate durante l'indagine sembrerebbe confermare tale ipotesi, mettendo in evidenza (Fig. 6) una significativa correlazione tra le due predette funzioni. Tuttavia, non si deve escludere l'eventuale intervento di fattori di altra natura, sia ambientali, sia biologici, che possano influenzare e quindi modificare in senso positivo o negativo l'andamento generale sopra descritto. A tali circostanze, che momentaneamente non siamo in grado di definire, potrebbero essere riferite sia la prolungata stasi verificatasi tra l'aprile ed il luglio del 1970, sia la tendenza all'aumento delle percentuali registrata nell'inverno del 1971.

Ancora in merito alla possibile influenza esercitata dalla temperatura si è visto che, a parte i ben delimitati e ristretti periodi

di minime termiche (che, d'altronde, non hanno mai raggiunto i limiti di congelamento) la media nei restanti periodi dell'anno è risultata piuttosto elevata e questo fatto potrebbe in parte spiegare, tenuto conto delle favorevoli ripercussioni sulla vegetazione dell'ospite, la ricorrenza dei più numerosi e spesso abbastanza lunghi periodi di ovulazione da noi accertati in Sardegna. Infatti sotto que-

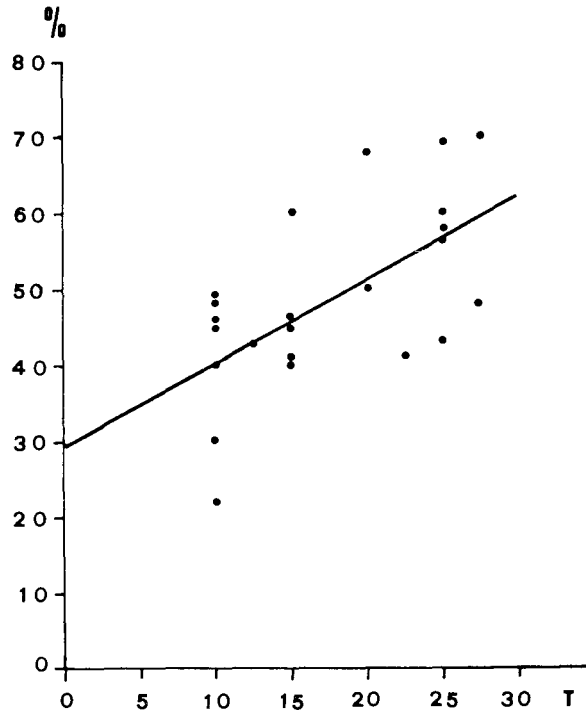


Fig. 6 - Regressione della percentuale di adulti in attiva alimentazione sulla temperatura del suolo ($y = 29.72 + x 1.086$; significatività al livello di $p = 0.01$).

sto aspetto, i risultati concordano con quelli di Cotten e Coll. (*l.c.*) che registravano, a regimi di temperatura mediamente elevata (intorno ai 20° C), una continua, seppur variabile, fase di ovulazione da parte delle femmine di questa specie. Peraltro, nelle nostre indagini, non abbiamo rilevato un'esatta coincidenza del numero massimo di uova uterine con il picco della proporzione di individui appartenenti al primo stadio giovanile che, invece, era stata accer-

tata da predetti AA., tanto per *X. index* quanto per *X. diversicaudatum* (Micol.) Thorne. In qualche caso una certa corrispondenza di tali fasi deve essere considerata casuale e non legata, quindi, ad una loro diretta dipendenza; è molto probabile che i picchi di L_1 rilevati durante le fasi di ovulazione siano in realtà la conseguenza di schiusure di uova deposte durante precedenti periodi di ovulazione piuttosto che durante quello stesso periodo.

In riguardo, infine, alle possibili correlazioni esistenti tra le variabili ambientali (in particolare temperatura e umidità del suolo), lo stato di attiva vegetazione della pianta ospite, lo stato nutrizionale dei nematodi e la disposizione dei medesimi alla moltiplicazione, il complesso dei dati raccolti non permette di chiarire in tutti i casi e in esatta misura, l'influenza esercitata da tali fattori. Infatti, se in alcuni periodi, come per es. nel febbraio-marzo del 1970, è possibile giustificare l'interruzione dell'ovulazione per l'azione combinata della bassa temperatura, della presumibile stasi dell'attività radicale delle piante e della conseguente ridotta attività trofica dei nematodi, in altri periodi, come per es. nel settembre-ottobre dello stesso anno, l'interruzione, in rapporto alle buone condizioni di temperatura e di nutrizione dei nematodi, non trova alcuna soddisfacente spiegazione. Possono invece ritenersi normali e rispondenti quindi alle presumibili favorevoli influenze esercitate dai predetti fattori, i periodi di attiva moltiplicazione accertati nell'estate del 1969 e durante la primavera-estate del 1971.

Un particolare ringraziamento è da noi dovuto al prof. Franco Lamberti, Direttore del Laboratorio di Nematologia agraria del CNR di Bari, per i suoi utili suggerimenti e la supervisione del manoscritto. Ringraziamo inoltre il dr. A. Sechi, ex allievo dell'Istituto di Patologia vegetale di Sassari ed i sigg. E. Marongiu e P. Chessa, tecnici presso lo stesso Istituto, per l'aiuto prestato nella raccolta dei campioni e nel lavoro di laboratorio.

RIASSUNTO

Sono state condotte ricerche sul ciclo vitale e sulla dinamica di popolazioni di *Xiphinema index* Thorne et Allen, attraverso l'analisi di campioni del nematode raccolti sistematicamente da vigneti della Sardegna centro-meridionale.

La sequenza cronologica delle più importanti fasi d'incremento dei successivi stadi evolutivi della specie indicherebbe la durata del suo ciclo vitale (da femmina gravida ad adulto) in 12-14 mesi. I periodi di ovulazione si verificano almeno due volte l'anno: durante la primavera-estate e durante l'au-

tunno; il primo periodo è più importante sia come produzione di uova, sia come durata.

Il livello medio della densità delle popolazioni subisce delle variazioni che si verificano ad intervalli di tempo abbastanza ampi (di solito dopo 16-18 mesi); durante l'anno si hanno inoltre delle fluttuazioni le cui principali fasi d'incremento si verificano in autunno; esse possono essere seguite o intercalate da fasi meno importanti durante la primavera o la tarda estate. A tali fasi corrispondono, nella maggioranza dei casi, fasi d'incremento del primo stadio giovanile. Le forme giovanili, nel complesso, rappresentano mediamente il 50-65% della popolazione e le variazioni di tale media sembrano non essere sempre strettamente collegate a modificazioni quantitative del livello di densità dell'intera popolazione.

Da indagini sugli adulti isolati da alcune popolazioni è risultato che la più alta percentuale di individui in attiva alimentazione viene raggiunta durante la tarda estate e l'inizio dell'autunno; le basse temperature invernali, al contrario, abbassano tale livello. Nel complesso viene dimostrata l'esistenza di una correlazione significativa tra le variazioni della temperatura del suolo e le modificazioni dei predetti valori percentuali.

Nessuna o scarsa influenza sembra venga esercitata dalla temperatura nel condizionare la presenza dei vari stadi evolutivi della specie. Un certo rapporto, invece, viene rilevato tra tale fattore e la disposizione delle femmine alla moltiplicazione, anche se esso non risulta sempre chiaramente evidente e sembra inoltre essere anche dipendente dall'intervento di fattori di altra natura.

SUMMARY

Investigations on the biology of *Xiphinema index* Thorne *et* Allen in Sardinian vineyards.

Investigations were carried out on the life-cycle and population dynamics of *Xiphinema index*, Thorne *et* Allen. The data were obtained from an analysis of nematode samples systematically, collected from vineyards in the Central-Southern areas of Sardinia.

The chronological sequence of the most significant increment phases in the successive evolutive stages of the species would indicate that its life-cycle (gravid female to adult) lasts from 12 to 14 months. Ovulation occurs at least twice a year, during spring-summer and autumn. The former period is the more important both as to eggs production and duration.

The average density level of populations is subjected to variations occurring at fairly wide time intervals (usually after 16-18 months). There are also fluctuations during the year with major increment phases occurring in autumn which may be followed or intervalled by minor phases during spring or late summer. In most cases, these phases correspond to the increment phases of the first juvenile stage. The juvenile forms, on the whole, constitute an average of 50-65% of the population, nor do variations in this average seem to be always strictly related to quantitative modifications in the density level of the whole population.

Studies of isolated adults from some populations showed that the highest proportion of actively feeding individuals is reached during late summer and early autumn, whereas winter temperatures force this level down. In general, a significant relationship was seen to exist between soil temperature variations and these levels.

If any, only a slight influence seems to be exercised by temperature on the presence of the various evolutive stages of the species, but some relationship is to be seen between this factor and the tendency of the females to multiply, although it is not always clearly evidenced and also seems to depend on other factors.

R É S U M É

Recherches sur la biologie de *Xiphinema index* Thorne et Allen dans les vignobles de la Sardaigne

Des recherches sur le cycle vital et sur la dynamique de populations de *Xiphinema index* Thorne et Allen ont été conduites à travers l'analyse d'échantillons du nématode cueillis systématiquement dans les vignobles de la Sardaigne centre-meridional. La séquence chronologique de plus importantes phases de développement des stades successifs d'évolution de l'espèce indiquerait la durée de son cycle vital (de femelle pleine à adulte) en 12-14 mois. Les périodes de l'ovulation se vérifient du moins, deux fois par an, durant le printemps-été et durant l'automne; la première période est la plus importante, soit pour la durée, soit pour la production des oeufs. Le niveau moyen de la densité des populations subit des variations qui se vérifient à intervalles de temps assez amples (le plus souvent après 16-18 mois); durant l'année on a de plus des fluctuations dont les phases plus importantes d'incrément se vérifient en automne, elles peuvent être suivies ou alternées par des phases moins importantes durant le printemps ou l'été avancé. A ces phases correspondent, dans plusieurs cas, des phases d'incrément du premier stade juvénile. Les formes juvéniles dans l'ensemble représentent en moyenne le 50-65% de la population et les variations de cette moyenne ne semblent pas être toujours liées à des modifications quantitatives du niveau de la densité de toute la population. Des recherches faites sur les adultes isolés de certaines populations il en suivi que le pourcentage le plus élevé des individus en pleine alimentation vient rejoint pendant l'été avancé et le début de l'automne, les basses températures d'hiver, au contraire, abaissent tel niveau. Dans l'ensemble est démontrée l'existence d'une corrélation significative entre les variations de la température du sol et les modifications des susnommés valeurs du pourcentage. Aucune ou insuffisante influence ne semble soit exercée par la température en conditionnant la présence de tous les stades évolutifs de l'espèce.

Quelque relation, au contraire, vient relevée entre tel facteur et la disposition des femelles à la reproduction, quoique il ne paraisse toujours clairement évident et il paraisse en outre dépendre aussi de la présence des facteurs d'une autre origine.

LAVORI CITATI

- AMICI A., 1967 - Fluttuazione della popolazione di *Xiphinema index* in una zona viticola italiana. *Riv. Pat. veg.*, S. IV, 3: 99-104.
- COHN E. e MORDECHAI M., 1969 - Investigations on the life cycle and host preference of some species of *Xiphinema* and *Longidorus* under controlled conditions. *Nematologica*, 15: 295-303.
- COTTEN J., FLEGG J.J.M. e POPHAM A.M., 1970 - Population studies with *Xiphinema diversicaudatum* and *X. index* maintained under two temperature regimes. *Nematologica*, 16: 584-590.
- FLEGG J.J.M., 1968 - Life-cycle studies of some *Xiphinema* and *Longidorus* species in southeastern England. *Nematologica*, 14: 197-210.
- GIBBS A.J. e HARRISON B.D., 1964 - Nematode-transmitted viruses in sugar beet in East Anglia. *Pl. Path.*, 13: 144-150.
- GOODEY J.B., 1963 - Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. *Great Britain Ministr. Agric., Fish and Fd. Tech. Bull.*, 2, 72 pp.
- HARRISON B.D., 1961 - Plant Pathology Department, Rep. Rothamsted Exp. Sta. Harpenden, England, 1960, p. 118.

- HARRISON B. D. e CADMAN C. H., 1959 - Role of a dagger nematode (*Xiphinema* sp.) in outbreaks of plant diseases caused by Arabis mosaic virus. *Nature*, 184: 1624-1626.
- HARRISON B. D., MOWAT W. P. e TAYLOR C. E., 1961 - Transmission of a strain of tomato black ring virus by *Longidorus elongatus* (Nematoda). *Virology*, 14: 480-485.
- HEWITT W. B. e RASKI D. J., 1962 - Nematode vectors of plants viruses. In K. Maramorosch (Ed.): Biological transmission of disease agents. *Academic Press*, N. York: 63-72.
- HEWITT W. B., RASKI D. J. e GOHEEN A. C., 1958 - Nematode vector of soil-borne fanleaf virus of grapevines. *Phytopathology*, 48: 586-595.
- JHA A. e POSNETTE A. F., 1959 - Transmission of a virus to strawberry plants by a nematode. *Nature*, 184: 962-963.
- LAMBERTI F. e MARTELLI G. P., 1965 - On the distribution of *Xiphinema index* Thorne and Allen in some apulian vineyards. *Proc. int. Conf. virus and vector on perennial host, with special reference to Vitis. University of California*: 353-363.
- LAMBERTI F. e MARTELLI G. P., 1971 - Notes on *Xiphinema mediterraneum* (Nematoda, Longidoridae). *Nematologica*, 17: 75-81.
- PROTA U., 1970 - Distribuzione di *Xiphinema index* in Sardegna e rapporti con la diffusione di alcune virosi della vite. *Inf.tore fitopatol.*, 20: 6-10.
- PROTA U., 1970/a - Sull'influenza di alcune caratteristiche del suolo e dell'età delle viti sulla distribuzione di *Xiphinema index* Thorne et Allen in Sardegna. *Studi sass.*, sez. III, 18: 1-12.
- PROTA U., LAMBERTI F., BLEVE T. e MARTELLI G. P., 1971 - I Longidoridae (Nematoda, Dorylaimoidea) dei vigneti sardi. *Redia*, 52: 601-618.
- RADEWALD J. D. e RASKI D. J., 1962 - A study of the life cycle of *Xiphinema index*. *Phytopathology*, 52: 748.
- RASKI D. J. e HEWITT W. B., 1960 - Experiments with *Xiphinema index* as a vector of fanleaf of grapevines. *Nematologica*, 5: 166-170.
- SEINHORST J. W., 1962 - On the killing, fixation and transferring to glycerin of nematodes. *Nematologica*, 8: 29-32.
- SEINHORST J. W., 1962/a - Modifications of the elutriation method for extracting nematodes from soil. *Nematologica*, 8: 117-128.
- SNEDECOR G. W., 1950 - Statistical methods. The Iowa State Coll. Press., 485 pp.
- TAYLOR C. E., 1962 - Transmission of raspberry ringspot virus by *Longidorus elongatus* (deMan) (Nematoda, Dorylaimoidea). *Virology*, 17: 493-494.
- TAYLOR C. E., 1963 - The biology of *Xiphinema index* Thorne and Allen in relation to the transmission of fanleaf virus. Unpublished Report Univ. of California, Davis (in Flegg, 1968).
- TAYLOR C. E. e RASKI D. J., 1964 - On transmission of grape fanleaf by *Xiphinema index*. *Nematologica*, 10: 480-495.
- THOMAS P. R., 1969 - Population development of *Longidorus elongatus* on strawberry in Scotland with observations on *Xiphinema diversicaudatum* on raspberry. *Nematologica*, 15: 582-590.

Accettato per la pubblicazione il 10 marzo 1973.