

HELMINTHOLOGICAL ABSTRACTS

Series B, Plant Nematology

Vol. 44

March, 1975

No. 1

Review of the literature on *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942, the nematode causing "white tip" disease in rice.*

by
R. FORTUNER
Laboratoire de Nématologie
O.R.S.T.O.M.,
B.P. 1386 DAKAR, Sénégal.

and
K. J. ORTON WILLIAMS,
Commonwealth Institute
of Helminthology,
103 St. Peter's Street,
ST. ALBANS, Herts, England.

CONTENTS

I. White Tip disease	2
(i) History of the disease	2
(ii) Symptoms of the disease	2
(iii) Harvest losses	3
II. The causal agent, <i>Aphelenchoides besseyi</i> Christie, 1942	3
(i) Proofs of pathogenicity	3
(ii) Taxonomy	4
(iii) Morphology	4
(iv) Biology	5
(v) Geographical Distribution	6
III. Relationship between <i>Aphelenchoides besseyi</i> Christie and White Tip disease of rice	7
(i) Aetiology of the disease	7
(ii) Association with other parasites	8
(iii) Physiological strains	9
IV. Methods of control	9
(i) Cultural control	9
(ii) Resistant varieties	9
(iii) Control by physical methods	10
(iv) Control by chemical means	10
V. Host list	13
VI. References	31

*Translated by Sheila N. Eames

24 NOV 1976

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

1

72 77

4

8691 Phyto

I. White Tip Disease

(i) **History.** The disease now termed white tip was originally described from Japan and the USA under various names. It needed the work of numerous researchers to establish the identity of these infections of rice and to discover their common cause, the nematode *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942.

Kakuta (1915) described a new disease of rice in Japan, the “black grain disease”, from Kumamoto (Kyushu). This was caused by a nematode similar to that responsible for “ear blight” of Italian millet in the same region. Then, in 1941, Tanaka & Uchida described a disease of rice, characterized by poor growth, at Sorachi (Hokkaido). This was also found to be associated with a nematode. Yoshii (1944) described “heart blight” of rice in the Kyushu region which was traced to a nematode described by Yokoo (1948) under the name *Aphelenchoides oryzae*. Yoshii & Yamamoto (1950a) compared these diseases of rice and millet and established their similarity and *A. oryzae* was found to be responsible in all cases.

In the USA, Jodon (1935) described a disease which he named white tip and attributed to a shortage of iron; this opinion was shared by Tullis & Cralley (1936) and Jones *et al.* (1938) but Martin (1939) and Martin & Alstatt (1940) believed it to be due to a shortage of magnesium and to imbalance in the magnesium/calcium ratio when it reaches either more than one or less than 1/3. Takimoto (1943) was the first to compare the rice disease raging in Kyushu with the American white tip. Cralley (1949) established that the white tip of the USA was also caused by a nematode and confirmed that its symptoms were similar to those of the Japanese disease. Finally, Allen (1952) established the identity of the nematodes attacking American and Japanese rice. They are both identical to a parasite of strawberry described by Christie (1942) and named *Aphelenchoides besseyi*. This name has priority and prevails.

During the years that followed, the nematode was discovered in a great number of rice-growing areas in Asia, tropical America, the USSR, etc. It had not been reported from Africa and measures were taken to prevent its introduction (Luc, 1960; Anon., 1962) but a survey carried out between 1965 and 1970 showed that it had probably been in existence there for a long time because it has been found on local varieties (Diatang de Bignona) in Senegal (Barat *et al.*, 1969).

(ii) **Symptoms.** The symptoms have been described by numerous authors, particularly Yoshii & Yamamoto (1950a) in Japan, Todd & Atkins (1958) in the USA and Tikhonova (1966a) in the USSR.

On the tillers of affected plants, the tips of the leaves whiten for a distance of 3 to 5 cm, and then die off and shred. The centre and base of the leaves are sometimes discoloured or of an abnormal dark green and the chlorophyll content of the affected leaves is higher than that of healthy leaves because the diseased rice ripens with difficulty. The upper leaves and the panicle leaf are the most affected and the latter is often twisted and curled, hindering the emergence of the panicle.

The panicles are shorter and often atrophied at the tips. They bear fewer grains and those at the tip of the panicle have no glume. Some of the flowers are sterile and produce empty grains with white, twisted husks. The fertile flowers sometimes produce mis-shaped grains with a low germination potential and delayed date of maximum germination. The straw is shorter, the percentage of healthy grains per ear is lower, empty grains are more numerous and the weight per 1,000 grains is less. The overall number of ears per plot is greater than normal but the yield is very much lower. On the same plot the panicles vary from normal to complete

sterility. The reduction in yield is proportional to the percentage of affected stems. The stems which appear first are the most severely affected and are either late in ripening or remain in the vegetative state, producing new panicles from the lower nodes. Tillering occurs abnormally, from the upper nodes. If the infection takes place immediately upon germination, the height of the plant can be reduced by half.

Symptoms of attack may be seen on the grain of plants which do not show the whitening of the leaves so characteristic of white tip. In Bangladesh, the characteristic symptoms do not appear on the plants attacked by the nematode (Timm, 1955) and in Africa symptoms are not well defined and could be due to other organisms (Barat *et al.*, 1966a). Terry (1972) recorded the typical leaf symptoms for the first time in Sierra Leone in 1970 although the nematode has been reported there since 1965.

On the other hand, symptoms similar to those of white tip can have other causes: *Chlorops oryzae* Matsumura and *Eusarcoris ventralis* Westwood are two insects which cause similar disorders (Yoshii & Yamamoto, 1950a) and according to Vuong Huu Hai & Rabarijoela (1968), white tip disease in Madagascar can be mistaken for a shortage of fertilizers in the soil or for the effect of parasitic fungi. It is not possible to distinguish between the damage caused to the new shoots by *A. besseyi* and that caused by another nematode, *Ditylenchus angustus* (Butler, 1913) Filipjev, 1936, which is parasitic on the aerial parts of the plant. Nematological examination of seed is therefore of the greatest importance in the correct diagnosis of the disease.

(iii) **Harvest losses.** These vary with country, variety grown, year, etc. In Japan in 1950, the harvest was reduced by between 10 and 30% in the affected paddies (Yoshii & Yamamoto, 1951). Losses ranged from 14.5 to 46.7% according to the varieties grown (Nishizawa & Yamamoto, 1951). If all the plants in a field were attacked, the maximum loss would be 60% for the susceptible variety Ginchu and 20% for the more resistant variety Norin (Tamura & Kagasawa, 1959c). Komori *et al.* (1963) record an increase in yield of between 19 and 74% after treatment of seed.

In the USA, Todd & Atkins (1958) compared the panicles from healthy and diseased plants. The average length of the panicles decreased from 21 to 15 cm, the weight from 2.5 to 0.7 g and the number of grains per panicle from 98 to 32 and the percentage of sterile flowers increased from 16 to 37%. The same researchers (Atkins & Todd, 1959) recorded an increase in harvest losses during the year 1954 of between 17 and 54% for the susceptible varieties and between 0 and 24% for the resistant varieties. In 1955 and 1956, the losses reached a maximum of 7% for the susceptible varieties.

In Formosa, Hung (1959, 1962) reported a decrease of between 20 and 55% in the number of grains per panicle. In the USSR, Kononova & Vinnichuk (1959) found harvest losses ranging between 26 and 61% in 1948 and Tikhonova (1966a) judged the losses due to the disease to be 41 to 71%. Vuong Huu Hai & Rodriguez (1970) reckoned that 34% of the panicles were diseased in Madagascar.

II. The causal agent, *Aphelenchoides besseyi*, Christie, 1942

(i) Proofs of pathogenicity

Culture of the nematode. Todd & Atkins (1952) succeeded in breeding the nematode on fungi which were grown on damp autoclaved rice grains. The nematodes and the fungi were introduced on contaminated rice grains which had undergone

surface sterilization in order to eliminate *Aspergillus*, *Penicillium* and the Mucorales. The internal fungi which alone managed to develop belonged to the genera *Alternaria*, *Curvularia*, *Fusarium* and *Helminthosporium*. Bacteria were also present.

Monoxenic culture of *A. besseyi* was achieved by Sudakova & Chernyak (1967), Vuong Huu Hai & Rabarijoela (1968), Fortuner (1970) and Huang *et al.* (1972) who used a single species of fungus in a sterile medium (the species used are listed in the host list for *A. besseyi*).

The axenic culture of this nematode has not been achieved. Todd & Atkins (1952) attempted unsuccessfully to culture it on defibrinated blood or on fibrin extract, either with or without weak concentrations of lactic acid and malachite green. Myers (1967) succeeded in culturing the closely related species *Aphelenchoides sacchari* Hooper, 1958, in a liquid medium with a base of ground horse liver.

Inoculations. The nematodes from these cultures are just as capable of producing white tip as those obtained directly from rice grains (Todd & Atkins, 1952). Healthy rice plants can be inoculated either through the soil or by introducing, by means of a syringe, a suspension of the nematodes in water beneath the leaf sheath of plants 30 to 40 cm high (Todd & Atkins, 1952, 1958). Yamada *et al.* (1953) succeeded in transmitting the disease to healthy rice plants by placing husks from infected grains on the ground around the plants. Inoculation can also be achieved by placing very young plants, only 3 to 5 days old, in a Petri dish containing a suspension of the nematodes, or by spraying a similar suspension on to the leaves of 15- to 20-day-old plants (Vuong Huu Hai, 1969). Rice plants thus treated exhibit white tip symptoms. Inoculation of the fungi on which the nematodes were cultured did not produce disease symptoms. Nematodes from artificially infected plants were cultured by the same method and identified as true *A. besseyi*. There was, therefore, adherence to the Koch principles of pathogenicity, with the customary modification for nematodes.

(ii) Taxonomy

As stated in the section on the history of the disease, *Aphelenchoides besseyi* was described as a parasite of strawberry by Christie in 1942 and *A. oryzae* Yokoo, 1948, the rice nematode, was synonymized with it by Allen (1952).

Drozdzovski (1967) proposed a new genus *Asteroaphelenchoides* with *A. besseyi* (Christie, 1942) Drozdzovski, 1967 as type species. This new genus was rejected by Nickle (1970) and by Fortuner (1970).

Aphelenchoides besseyi belongs to the Aphelenchoididae (superfamily Aphelenchoidea in the order Tylenchida, class Nematoda).

(iii) Morphology

A. besseyi was described by Dastur (1936), Christie (1942), Yokoo (1948), Yoshii & Yamamoto (1950a), Sveshnikova (1951), Allen (1952), Timm (1955), Tikhonova (1966a), Barat, Dalassus & Vuong Huu Hai (1966a), Vuong Huu Hai & Rabarijoela (1968) and Fortuner (1970) and an illustrated description of this nematode appears in "C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes", Set 1, No. 4.

A. besseyi is differentiated from other *Aphelenchoides* species by having a short, narrow, inconspicuous post-vulval sac, a large ovary with several rows of oocytes, excretory pore slightly anterior to the nerve ring, labial region a little larger than the head, 4 incisures on the lateral fields, 4 processes at the tail tip in both male and female, and spicules lacking a dorsal process.

(iv) **Biology**

Reproduction and life-history. *Aphelenchoides besseyi* is bi-sexual and, in rice, both male and female are to be found in equal numbers. Nevertheless, a single female under optimum conditions (in culture on fungi at 23 to 30°C) produced abundant progeny in 20 to 30 days (Sudakova & Stoyakov, 1967), demonstrating that parthogenetic reproduction is possible. Males are, however, always present and outnumber females at the end of 30 to 40 days when the medium becomes exhausted. The duration of the cycle from egg to egg is 6.5 to 7 days. Development of the egg takes 0.5 days, of the second larval stage 0.13 days, of the third 0.65 days and of the fourth 0.9 days; sexual maturation of the adult female takes 4.3 to 4.8 days. Larvae must feed in order to develop: in pure water they become inactive in 2 to 3 days and development ceases (Sudakova & Stoyakov, 1967). In nature the length of the cycle depends on ecological conditions and lasts 29 days at 14.7°C, 9 days at 20.6°C, 6 days at 25°C and 3 days at 31.8°C (Tikhonova, 1966c). The number of generations per year also varies. Tikhonova (1966c) set it out thus:

Number of generations	Daily Temperature (°C)			Humidity %	Duration of cycle (days)	Locality
	Average	Min.	Max.			
10	26.2	6	37.2	80	8-10	Tadzhikistan
13	21.5	8	35	70	7-3	Uzbekistan
8	16.3			80	15	Kazakhstan

The sum of the squares of the mean daily temperatures required for the completion of the cycle decreases when the temperatures rise: for example, it requires 29 days $\times (14.7^\circ\text{C})^2 = 6,200^\circ\text{C}$ at 14.7°C, 4,000°C at 28°C, 3,100°C at 31.8°C (Tikhonova, 1966c). The rate of multiplication depends on the plant and on its capacity to resist the disease. It is greater after tillering than before and increases after the panicle has started to form (Goto & Fukatsu, 1956). *A. besseyi* lives for between 35 and 50 days (Sudakova & Stoyakov, 1967). Larval length at the 3rd and 4th moults varies slightly with the temperature but there is no variation at the 2nd moult. The life-cycle of *A. besseyi* cultured on *Fusarium solani* is 24 days ± 4 at 16°C, 15 days ± 2.9 at 20°C, 9 days ± 2 at 23°C, 10 days ± 2 at 25°C and 8 days ± 2 at 30°C, the last being considered the optimum temperature. At 35°C, egg-laying, hatching and moulting occur, but the population no longer increases (Huang *et al.*, 1972).

Temperature. The nematode stays active as long as the temperature remains between 13 and 42°C (Tikhonova, 1966c). It dies within 16 hours at 42°C and in 4 hours at 44°C (Barat *et al.*, 1966a). At 10°C, it remains motionless and dies after one month (Hashioka, 1964). The optimum temperature is 31.8°C (Tikhonova, 1966c) and at this temperature the life-cycle is at its shortest.

Atmospheric humidity. *A. besseyi* can only move in water; migration occurs after rainfall when the plant is covered with a thin film of water. It is of average activity and is able to feed as long as atmospheric humidity is above 70% (Tikhonova, 1966c). Tropical climatic conditions are therefore suitable. Its geographical limits are 43° north on rice and 40° north on strawberry (Barat *et al.* 1966a).

Soil humidity. Infectivity seems to be less in damp soil than in the water of paddy fields. Maximum infection is achieved in damp soil inoculated, two days before sowing, with a suspension of nematodes in water (Tamura & Kegasawa, 1959b).

The paddies flooded before sowing are less susceptible to white tip than those flooded at sprouting or later (Cralley, 1949).

Water content of grains. In ripened grains with about 40% water content, the nematodes are extremely sluggish, at 35% or less they become quiescent or die and at dehydration to less than 27% water content there is a progressive reduction in the number of nematodes recovering from quiescence (Huang & Huang, 1973).

Light. The proportion of stems affected with white tip is less in pots placed in shade under a red screen than in those placed in heated glasshouses, although the nematodes are more numerous in the first instance (Tamura & Kegasawa, 1959b).

Fertilizers. The work of the first American researchers showed that the iron, magnesium and calcium content of the soil influenced the severity of white-tip disease. Yoshii (1951b) found no difference between amounts of total residual nitrogen in the soil around healthy and diseased plants. White tip is less serious when the soil potassium content diminishes (Orsenigo, 1956).

Maximum migration of the nematodes from one plant to another occurred at the first leaf stage when a double dose of nitrogenous fertilizer was given and at the 3rd and 4th leaf stages with normal application of fertilizer (Tamura & Kegasawa, 1958). Nitrogen and urea did not have any well defined effect on white tip (Tamura & Kegasawa, 1959b).

Ammonium nitrate, alone or with superphosphate, helped development of both plant and nematodes. All the plants in fertilized pots became infected compared with 24.3% of the non-fertilized controls. In the pots receiving both fertilizers, the nematode cancelled out all beneficial effect of the fertilizers (Sudakova *et al.*, 1964). Calcium silicate had no effect on nematode damage, but ammonium sulphate, calcium superphosphate and potassium chloride increased the severity of the disease without affecting the numbers of nematodes per grain after the various treatments (Tamura & Kegasawa, 1959b).

(v) Geographical Distribution

Africa. Since the discovery of *A. besseyi* in Sierra Leone and Senegal (Hooper & Merny, 1966), a general survey has shown its presence in the following: Cameroon, the Central African Republic, Dahomey, Gabon, Madagascar, Tchad, Togo, Zaïre (Barat *et al.*), Ghana, Nigeria (Peachey *et al.*, 1966), Ivory Coast (Merny, 1970), the Comoro Islands (Vuong Huu Hai & Rabarijoela, 1968), Upper Volta & Mali (Fortuner, 1970), Malawi (Siddiqi, 1970), Kenya, Uganda & Tanzania (Taylor, 1972, Taylor *et al.*, 1972), Rhodesia (Anon., 1972).

The Americas. White tip was first discovered in the USA. All the rice-growing areas, namely, Louisiana, Texas and Arkansas, are affected. The nematode is also present on the east coast as a parasite of strawberry. Outside the USA, it has been found in Brazil on strawberry (Monteiro, 1963) and on rice (Lordello, 1969), in Cuba (Fernandez Diaz Silveira, 1967), in Salvador (Ancalmo & Davis, 1962), in Mexico (Preciado Castillo, 1953) and on *Dioscorea trifida* in Guadeloupe (Ker-marrec & Anaïs, 1973).

The Middle East. Barat *et al.* (1966a) reported serious damage in Egypt. The nematode has been recently reported from Israel on the banks of Lake Tiberias; the host is not specified (Por, 1968).

The Far East. Japan was one of the first countries in which this nematode was found. In India, *A. besseyi* was first discovered in the Central Provinces (Dastur,

1936), in the North (Srivastava *et al.*, 1966) and in Madras and Orissa (Muniappan & Seshadri, 1964). It is also to be found in Bangladesh (Timm, 1955), In Sri Lanka (Hashioka, 1964), Formosa (Hung, 1959), Thailand and the Philippines (Timm, 1965) and, without doubt, in Indonesia, since the nematode was discovered at the "East African Quarantine Station" in seed rice originating from there (Barat *et al.*, 1966a).

Europe. *A. besseyi* was reported as early as 1951 from Krasnodar, USSR (Sveshnikova, 1951), then from Central Asia (Tikhonova, 1960), from Uzbekistan (Sudakova, *et al.*, 1964), and finally from all the rice growing areas (Tikhonova, 1966a). It is also reported from Hungary (Javor, 1970). In 1954, Orsenigo suspected its presence in Italy but was not able to confirm this.

Pacific. In Hawaii, *A. besseyi* was discovered on numerous hosts other than rice (Allen, 1952; Sher, 1954) and it has been reported from: Queensland, Australia, on strawberry (Anon., 1971) and ferns (Anon., 1972).

III. Relationship between *Aphelenchoides besseyi* Christie and White Tip disease of rice

(i) Aetiology of the disease

A. besseyi parasitizes upland as well as flooded rice. Infestation is ensured by the presence of nematodes in seed originating from diseased grains. Cralley (1952) proved that this was the only way of disease transmission. Rice grown in pots which have previously been used for growing diseased plants will remain healthy unless the husks from the seed of infected plants are added to the pots, when the new plants develop white tip. Disinfection of seed causes the disease to disappear (Todd & Atkins, 1958). According to Tikhonova (1966c), the debris left scattered over a field after harvest is another source of contamination but Yoshii & Yamamoto (1950b) stated that, in their opinion, the few nematodes found in the straw after threshing do not survive the winter. This opinion was slightly modified (Yoshii & Yamamoto, 1950c) by admitting the possibility of very slight contamination from the debris of the preceding harvest and from weeds growing in the paddy. A healthy plant can also be infested from a neighbouring diseased plant, as well as through irrigation water, even after transplanting.

In Madagascar, the second growth, which is not cut and provides fodder for cattle, is heavily parasitized and is probably able to carry the disease from one season to the next (Vuong Huu Hai & Rodriguez, 1970). In spite of this, infection through seed is the most common form of disease transmission. Between one and 14 nematodes per grain, (average 6.6) were reported by Todd & Atkins, (1958). When there are less than 30 living nematodes per 100 grains, the damage to the harvest will not be serious (Fukano, 1962). The nematodes are found between the grain and its husk, spirally coiled and in a state of anabiosis from which they are reactivated when the seed is placed in water. A few of them leave the grain after the first hour but most emerge after 12 to 24 hours, the numbers varying with the age of the grain and the temperature of the water (Todd & Atkins, 1958). The higher the temperature, the faster they emerge: only 18% of the nematodes remain inside the grain after immersion for 150 hours at 30°C and, of these, 91% are dead; at 20°C the respective percentages are 35% and 53%. The temperature of the water should not be too high: at 35°C no nematodes emerge (Tamura & Kegasawa, 1957).

The nematodes are attracted to rice plants and susceptible varieties are more attractive than are resistant ones. They prefer the young, growing parts of the plants and are attracted by the expressed juices of the shoots and of germinating

seed, and also by the distillate and residue of the distillation of these juices. Wheat and barley also attract the nematodes. They do not move towards the older parts of the plant (Goto & Fukatsu, 1956) or towards roots (Tamura & Kegasawa, 1958). The nematodes invade the plants within the first 10 days after sowing (Hashioka, 1964). At the start of tillering, they are to be found at the growing point, as ectoparasites on the exterior of the still-folded young leaves (Yoshii & Yamamoto, 1950b).

The nematodes cause the vessels in the white part of the leaves to become obstructed by gums and cause disintegration of the phloem cells. Cell growth is retarded and chloroplasts are scarce or absent. Necrotic areas appear in extreme cases (Yoshii & Yamamoto, 1950a).

As the plants grow, the nematodes move upwards and remain at the summit of the stem, feeding on the vegetative tissues without penetrating them. If, after washing, the plant is stained with nematode-selective stains, no parasites are found in the tissues but a great many are found in the water used for washing and these can only have been on the surface of the plant (Todd, 1952). When tillering is completed, the population grows rapidly. Some of the parasites from the leaf axils are swept away by rain or irrigation water and contaminate neighbouring plants or other paddies downstream. The nematodes which remain on the plant mostly migrate to the developing panicle. They puncture the inflorescence, which is still green at this stage, and the panicle leaf and then penetrate the florets. Huang & Huang (1972) found that the nematodes penetrate the florets before anthesis by means of an apical tunnel—a natural opening about 30 μm in diameter—circumscribed by the apices of the lemma and palea. Nematodes on the floret surface are likely to continue penetration during anthesis. Fleshy tissues, such as ovary, stamens, lodicules and embryos are thought to be preferred feeding sites and before anthesis the nematodes multiply abundantly. After anthesis reproduction declines with the age of the infested grains, this decline being correlated with grain dehydration. Huang & Huang also showed that development of 2nd-stage larvae to 3rd-stage continues up to the 18th day after anthesis and of 3rd-stage to adult to the 30th day, by which time the grains are ripe. Fukano (1960) demonstrated that the number of nematodes on the outside of the grain declines after heading and none were observed on the 30th day. If the humidity of the grain drops to between 15 and 18%, all stages of the nematode except 2nd-stage larvae, coil up and go into a state of anabiosis (Tikhonova, 1966c). According to this author, nematodes in anabiosis can also be found on the stems, haulms and around the dry roots.

During anabiosis, the nematode polysaccharides are hydrolysed and only simple sugars are found (Kostyuk, 1967). The nematodes can survive a long time in the grain: Yoshii & Yamamoto (1950b) found living nematodes after storage for 3 years. Todd & Atkins (1958) preserved seed rice and found living nematodes after storage for 23, but not 24 months, by which time the rice had virtually lost all power to germinate. On the other hand, if the grains are in soil, almost all the nematodes disappear within a few months. In Sierra Leone, however, Terry (1972) discovered nematodes in soil growing cabbage, water melon and rice regrowth and in fallow soils after harvest of infected rice.

(ii) Associations with other parasites

Ditylenchus angustus (Butler) Filipjev, another nematode attacking rice, can be found sometimes on the same plants as *A. besseyi* (Timm, 1955). In Madagascar, however, the two parasites are very rarely found in association (Vuong Huu Hai & Rodriguez, 1970). Nishizawa (1953b) studied the interaction between *A. besseyi* and a sclerotial fungus responsible for stem rotting. This disease is more serious

when the fungus alone is present than when it is associated with the nematode. On the other hand, the weight per 1,000 grains drops in the sequence: fungus alone, nematode alone, both parasites in association. Merny (1957) records that a nematode similar to *A. besseyi* appears on rice before it is attacked by the fungus *Leptosphaeria oryzina*.

Orsenigo (1956) studied the effect of potassium on *Leptosphaeria salvinii* (att.), *Helminthosporium oryzae* Van Breda de Haan and *Aphelenchoides besseyi*, both individually and in association with each other on the same plants. The plants infested with the nematode are relatively resistant to *L. salvinii* because they have more active respiratory enzymes and a more vigorous metabolism when parasitized (Nonaka, 1959). There appear to be fewer leaves with white tip on plants which are also infected with rice dwarf virus (Kimura & Nishizawa, 1965).

(iii) Physiological strains

There are perhaps two or more physiological strains of the *A. besseyi* species. Noegel & Ferry (1963) noticed that strawberry plants grown among diseased chrysanthemums were not attacked by the nematode. *A. besseyi* is sometimes endoparasitic and sometimes ectoparasitic but this appears to be due to host differences rather than to any dissimilarity in the nematodes, since *A. besseyi*, ectoparasitic on *Vanda*, becomes endoparasitic if moved to *Saintpaulia* (Allen, 1952). A description of the biology of *A. besseyi* parasitic on strawberry can be found in Thorne (1961), on *Polianthes tuberosa* in Holtzmann (1968) and Trujillo (1968), on *Ficus elastica* in Marlatt (1966, 1970 & 1971), and on *Hibiscus brachenridgii* in Raabe & Holtzmann (1966). Finally, Sher (1954) gives some indications of the damage caused to various plants in Hawaii.

IV. Control Methods

(i) Cultural control

Method of sowing. If the rice is sown dry and flooded after germination, when it is 7.5 to 10 cm high, white tip appears in 60% of cases. The disease is less serious if the water is brought in at germination. If sown in water, most of the nematodes die within a week and only 0.5% of the plants are affected. This method reduces the nematode population for several years (Cralley, 1956). The severity of the disease appears to be greater on plants originating from seed-beds which have not been flooded and transplanted late and thickly (Yamada *et al.*, 1953).

Time of sowing. Cralley (1949) recommends early sowing in the USA. Yoshii & Yamamoto (1951) advise bringing sowing forward by 60 days. Dastur (1936) points out that in India the early varieties come to flower during the rainy season and this helps the nematodes to move towards the panicle.

The seed-bed. Tamura & Kegasawa (1959a) state that spreading oiled paper on the seed bed reduces the number of nematodes and the number of damaged stems.

Cleaning-up of fields. Vuong Huu Hai (1969) advises the burying of straws, debris, weeds and new growths. Rotation of crops is also advised (Tikhonova, 1966c).

Effect of fertilizers. The effect of fertilizers and trace elements are considered under "Biology". Martin & Alstatt (1940) advise the spreading of 200/300 lb/acre* of magnesium sulphate or 500 lb/acre of a lime with high magnesium content (see p. 5).

(ii) Resistant Varieties

USA. Arkansas Fortuna, Asahi, Bluebonnet, Bluebonnet 50, Improved Bluebonnet, Century 231, Fortuna, Hill long grain, Nira, Nira 43, Rexoro, Sunbonnet,

Texas Patna, Toro, TP-49 are resistant to white tip. Century 52, Century Patna 231, Rexark are fairly resistant (Cralley, 1949, 1954; Cralley & Adair, 1949; Todd & Atkins, 1959).

Japan. Tosan 38 is very resistant, Norin 8 and Norin 43 are resistant, Norin-Mochi 5 and Natsushimo are fairly resistant. Resistance seems to be hereditary and innate in the Asa-Hi variety (Goto & Fukatsu, 1956; Nishizawa, 1953a). Norin 1, Hōnen-Wase and Ginmasari are fairly resistant (Komori *et al.*, 1963).

India. Gumartia and Chinoor are almost immune, Surmartia is barely affected (Dastur, 1936).

Italy. Rinaldo-Bersani is resistant. Carnaroli and Pierrot are fairly resistant (Orsenigo, 1954; 1955a).

Africa & Madagascar. We do not yet know of the differences in specific susceptibility in this region. The varieites on which *A. besseyi* was found were listed by Barat *et al.* (1969).

(iii) Control by Physical Methods

Hot-water treatment of seed is the best control method against white tip and is not required each year. Rice treated in 1949 gave a healthy crop and seed from this which was sown without treatment in 1950 also produced a healthy crop and only 1% of the 1951 plants, still from untreated seed, were attacked (Cralley, 1952).

Perfecting the treatment has been a delicate task and has been worked on by numerous researchers. Cralley (1949) recommended steeping the seed in water at 52 to 53°C for 15 minutes. Yoshii & Yamamoto (1950d) suggested first soaking the seed in cold water for 16 to 20 hours, then hot-water treatment for 5 to 10 minutes at 50 to 52°C. This method results in plant growth being delayed by one day until the 4th day after sowing. This treatment can take place as early as 3 months before sowing. If this method is not suitable the same authors advised treatment at 56 to 57°C for 10 to 15 minutes, without the cold pre-soak. Delays in germination followed treatment at 60°C for 20 minutes (Yoshii & Yamamoto, 1951). Cralley (1952) suggested cold pre-soaking for 8 to 12 hours, pre-heating for 15 seconds at 55°C, and hot-water treatment for 15 minutes at 50 to 53°C, followed by cooling in cold water for 5 minutes. This method made possible an increase in the harvest of the susceptible variety Arkrose amounting to 5 to 10 bushels. Fukano & Yokoyama (1952) developed an experimental method in which the rice was put into water at 44.7 to 46.1°C for 10 hours during which time the temperature dropped naturally to 20.7 to 31.6°C. Results were good but inconsistent. Konova & Vinnichuk (1959) advised a first treatment at 55°C for 10 minutes followed by a cooling at 18 to 20°C for 10 minutes; this was followed by a second treatment at 50 to 52°C for 15 minutes followed by a final cooling. These treatments ensured the destruction of 98.8% of the nematodes without damage to the plants. Atkins & Todd (1959), after studying the various treatments, advised treatment at 51 to 53°C for 15 minutes. For large quantities of seed, pre-soaking for 24 hours is recommended if accurate apparatus is not available. For small samples treatment for 10 to 15 minutes at 55 to 61°C, without pre-soaking, is recommended. [IRAT has drawn up the plans and specification for an apparatus able to treat, by this method, two to four 50 kg sacks of rice (Anon., 1965b).]

(iv) Control by Chemical Means

Early attempts. Yoshii & Yamamoto (1950c) reviewed the first studies made in Japan. Nicotine sulphate, diluted 1:500, sprayed on to the inflorescence at heading

time reduced the number of nematodes but also reduced yield. Treatment of seed with chloropicrin destroys the power to germinate and a 1:50 solution of formol (35% formaldehyde) is not nematocidal.

The effect of formol was also studied in the USSR by Kononova & Vinnichuk (1959) who found that although steeping the seed in formol diluted 1:4 or 1:8 killed the nematodes, the seed was incapable of germinating.

Methyl bromide. The first attempts with methyl bromide were made in the USA. Tullis (1951) succeeded in destroying the nematodes in seed of the variety Zenith by fumigating for 6 hours at the rate of 1.25 lb per 1,000 cu.ft, without reducing the germinating power of the seed. In the variety Bluebonnet, it was necessary to reduce the dosage to 1 lb per 1,000 cu.ft and to treat for 15 hrs, ventilate for a few days and then treat again for 15 hrs at 0.5 lb per 1,000 cu.ft. Cralley (1952) showed that the methyl bromide dosage required for effective nematocidal action varied inversely with the humidity of the seed, i.e. the damper the rice, the more sensitive it is to methyl bromide. With the variety Arkrose, at 13% humidity, it required 1.25 lb per 1,000 cu.ft for 12 hours but at humidity higher than 13%, 1.5 lb per 1,000 cu.ft for 12 hrs slightly hindered germination (Cralley & French, 1952). Todd & Atkins (1959) studied the effect of methyl bromide in relation to dampness of grains, dosage and duration of fumigation. When humidity was 9.7%, no treatment succeeded in killing the nematodes; when it was 17.7%, all treatments reduced germination rate; at 13.8% some treatments (e.g. 1.5 lb per 1,000 cu.ft for 12 hrs) reduced the seriousness of white tip without damaging the seed too severely. The authors concluded that this treatment was not applicable in practice.

Organophosphorous compounds and organic mercurial compounds. Various products belonging to these groups have been investigated in the fight against white tip.

Cralley & French (1952) studied the action of parathion [*O,O*-diethyl *O-p*-nitrophenyl phosphorothioate] at 25%, of Systox® [= demeton (*O,O*-diethyl *O*-[2-(ethylthio)ethyl] phosphorothioate] mixed with *O,O*-diethyl *S*-[2-(ethylthio)ethyl] phosphorothioate] at 50% and of Aagrano® [= 3-(ethoxypropyl) mercury bromide] at 3.5% together with a soaking for 12 hours in a 1‰ solution of mercuric chloride. All these products reduced the seriousness of white tip but the last two had a phytotoxic effect due to the mercury. Cralley (1952) also studied the effect of malathion [*O,O*-dimethyl *S*-(1,2-dicarbethoxyethyl) phosphorodithioate].

In Japan, methyl-parathion [*O,O*-dimethyl *O-p*-nitrophenyl phosphorothioate], under the trade name Folidol®, was studied. Fukano *et al.* (1953) and Nishizawa (1953) tried Folidol® as a leaf spray and for steeping roots of seedlings over a 24-hr period. Gomi & Nakazato (1962) recommended steeping seed rice in a 1‰ solution of Folidol® for either 8 hrs after pre-soaking for 24 hours or for 24 hours without pre-soaking. They also advised dipping roots in a 1 or 2‰ solution for 12 to 24 hrs before transplanting.

The work of Todd & Atkins (1959). In the USA, between 1949 and 1959, Atkins & Todd studied the action of around fifty chemical products in an effort to perfect a method for the disinfection of rice seed.

The non-mercurial fungicides thiram [bis(dimethylthiocarbamyl) disulfide], chloranil [2,3,5,6-tetrachloro-1,4-benzoquinone] and dichlor [2,3-dichloro-1,4-naphthoquinone] had only a weak or non-existent nematocidal effect.

The mercurial fungicides Panogen® [methylmercuric dicyandiamide], Ceresan M® [*N*-(ethylmercuric) *p*-toluene sulfonamide]; and New Improved Ceresan®

[ethylmercury phosphate] and Aagrano®, at the concentrations required to kill the nematodes, destroyed the power of seed to germinate.

Chloropicrin, ethylene dibromide and formaldehyde destroy both the nematodes and the ability of the seed to germinate. A number of insecticides, among them parathion, kill some of the nematodes, but being dangerous, were not fully tested; other products, in any case, appear to be more effective. Three experimental rhodanine compounds have been on trial since 1952 (Atkins & Todd, 1952) and appear to have good nematocidal action without being phytotoxic. These are N-224 [3-*p*-chlorophenyl-5-methyl thiocyanate], N-168 [3-methyl-5-ethyl thiocyanate] and N-245 [3-*p*-chlorophenyl-5-ethyl thiocyanate]. N-224 was being suggested to the rice growers at that time under the name "Stauffer Rice Seed Treatment—1.40% a.i.", but this product failed to reduce the disease in 1954 and 1955, and was then abandoned (Todd & Atkins, 1959).

Various Japanese Products. Hiroto & Yamada (1958) studied the nematocidal action of O.C.R. (octyl chloro resorcinol) and of dialkyl sodium sulphosuccinate with various surfactive agents.

Tanaka (1959) obtained good results with acetic thiocyanate esters, REE-200, REM-200 and REB-200. REE-200, in a 1:600 solution of 20% a.i. when used for soaking seed for 24 hrs was especially effective.

Komori *et al.* (1963) used Systox® at the rate of 1‰ for a 12-hour soak; they also used silver nitrate at 1‰ for one hour and both REE-200 and REM-200 (20% a.i.) at 1‰ for 12 hours. According to Seike (1965), the last two products should be used at 40% a.i. and at a concentration of 1‰ for 24 hrs.

Systemic Products. As can be seen, the experiments with various chemical products undertaken up to the 1960s did not produce any true solution to the problem of seed disinfection in the fight against *Aphelenchoides besseyi*. It was not until the discovery of systemic products that interesting results started to be obtained.

In 1967, Locascio *et al.* controlled *A. besseyi* on a strawberry either by soaking plants in Zinophos® [=thionazin (*O,O*-diethyl *O*-2-pyrazinyl phosphorothioate)] at 300 ppm for 5 minutes, or by treating soil with Furan® [= carbofuran (2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuranyl methylcarbamate)] at 10 to 20 lb/acre, with Bayer 25141® [=Dasanit (*O,O*-diethyl *O*-[4-(methylsulfinyl) phenyl] phosphorothioate)] at 3 lb/acre, and with Sarolex [diazinon (*O,O*-diethyl *O*-[2-isopropyl-4-methyl-6-pyrimidinyl] phosphorothioate)] at 30 lb/acre. All these products are effective but only Bayer 25141® at 10 to 20 lb/acre is successful in achieving complete destruction of the nematodes as well as excellent plant growth.

Yasu (1968) recommended, among others, Sassen® [ethyl thiocyno acetate] for disinfecting seed.

Vuong & Rodriguez (1970) obtained good results by soaking the seed in various products: Sassen 40® (34 cm³/10 litres water), Dimecron 50® [= phosphamidon (2-chloro-2-diethylcarbamoyl-1-methyl vinyl dimethylphosphate)] at 20 cm³/10 litres water, and Thibenzole® [=75% thiabendazole (2-4-(thiazolyl) benzimidazole)] at 14 g/10 litres water. For treatment of soil, they experimented with Terracur® [=5% fensulfothion (*O,O*-diethyl *O*-[4-methylsulfinyl]phenyl]phosphorothioate], Basudine® [= 5% diazinon], Disyston® [= 5% disulfoton (*O,O*-diethyl *S*-[2-(ethylthio)ethyl] phosphorodithioate)] at 80 g/m² and Thimet® [= 10% phorate (*O,O*-diethyl *S*-(ethylthiomethyl) phosphorodithioate)] at 40 g/m³.

Templeton *et al.* (1971) tried coating slightly damp rice seed with Benlate 50® [=50% benomyl (methyl 1-(butylcarbamoyl)-2-benzimidazole carbamate)] at 2-4 oz/bushel. The treatment was effective but the nematodes placed in a 1,000 ppm solution of benomyl for 12 hours remained active.

This review of work published on white tip disease of rice up to 1973 emphasizes the economic importance and widespread occurrence of this devastating parasite of one of the world's most essential cereals.

The following list of plants recorded as attacked by *A. besseyi* illustrates not only the range of crops affected but also the extensive geographical range of this nematode.

V Host list

Plant	Common Name	Author	Country
<i>Allium cepa</i> L.	Onion	Timm, 1965	Thailand
<i>Boehmeria nivea</i> Gaudich.	Ramie	Fortuner, 1970	Philippines
<i>Brassica pekinensis</i>	Chinese cabbage	Timm, 1965	Philippines
<i>Chrysanthemum maximum</i> Ram.		Sher, 1954	Hawaii
<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ram.		Sher, 1954	Hawaii
<i>Coleus blumei</i> Benth.		Sher, 1954	Hawaii
<i>Cyperus inia</i> L.		Yoshii & Yamamoto, 1950b	Japan
<i>Cyperus</i> sp.		Vuong Huu Hai, 1968	Comoro Isles
<i>Dahlia variabilis</i> Desf.		Sher, 1954	Hawaii
<i>Digitaria adscendens</i> (H.B.K.) Henrard	Summergrass	Ino, 1971	Japan
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.		Yoshii & Yamamoto, 1950b	Japan
<i>Dioscorea trifida</i> L.	Yam	Kermarrec & Anais, 1973	Guadeloupe
<i>Erechtites praealta</i> Raf.		Sher, 1954	Hawaii
<i>Ficus elastica</i> Roxb. (var. <i>decora</i>)		Marlatt, 1966	U.S.A.
<i>Fragaria chiloensis</i> Duch. (var. <i>ananassa</i>)	Strawberry	Christie, 1942	U.S.A.
<i>Glycine hispida</i> Max	Soybean	Allen, 1952	Hawaii
<i>Hibiscus brachenridgii</i> Gray		Barat <i>et al.</i> , 1966a	
		Raabe & Holtzmann, 1966	Hawaii
<i>Hydrangea macrophylla</i> Ser.		Sher, 1954	Hawaii
<i>Impatiens balsamina</i> L.		Sher, 1954	Hawaii
<i>Imperata cylindrica</i> Beauv.		Vuong Huu Hai & Rabarijoela, 1968	Comoro Isles
<i>Ipomoea batatas</i> Lam.	Sweet potato	Timm & Armeen, 1960	Pakistan
<i>Panicum bisulcatum</i>		Ino, 1971	Japan
<i>Panicum crus-galli</i> var. <i>frumentaceum</i>		Ino, 1971	Japan

Plant	Common Name	Author	Country
<i>Pennisetum typhoides</i> (Burm. f.) Stapf. f.C.E. Hubbard		Hashioka, 1964	
<i>Pluchea odorata</i> Cass.		Sher, 1954	Hawaii
<i>Polianthes tuberosa</i> L.		Holtzmann, 1968	Hawaii
<i>Pycneus polystachyus</i>		Vuong Huu Hai & Rabarijoela, 1968	Comoro Isles
<i>Saccharum officinarum</i> L.	Sugar cane	Fernandez & Diaz Silveira, 1967	Cuba
<i>Saintpaulia ionantha</i> Wendl.	African violet	Allen, 1952	U.S.A.
<i>Setaria italica</i> Beauv.	Italian millet	Yoshii & Yamamoto, 1950a	Japan
<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.		Yoshii & Yamamoto, 1950b	Japan
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roem & Schult.)		Marlatt, 1970	U.S.A.
<i>Tagetes</i> sp.		Sher, 1954	Hawaii
<i>Tithonia diversifolia</i> A. Gray		Sher, 1954	Hawaii
<i>Torenia fournieri</i> Linden		Sher, 1954	Hawaii
<i>Vanda</i> sp. x Miss Joaquim		Allen, 1952	Hawaii
<i>Vanda</i> sp. x Rose Marie		Sher, 1954	Hawaii
<i>Vanda</i> sp. x Miss Deum		Sher, 1954	Hawaii
<i>Vanda</i> sp. x Trimeris		Sher, 1954	Hawaii
<i>Vanda</i> sp. x Luma		Sher, 1954	Hawaii
<i>Vanda</i> sp. x Miss Joaquim x Kapoho		Sher, 1954	Hawaii
<i>Zea mays</i>	Sweet corn	Timm, 1965	Thailand
<i>Zinnia elegans</i>		Sher, 1954	Hawaii

A. besseyi is not an obligate parasite of higher plants because it can also feed on fungi. It has been found on:

<i>Alternaria</i> sp.	(Todd & Atkins, 1958)
<i>Alternaria oleracea</i> Milbrath	(Fortuner, 1970)
<i>Alternaria tenuis</i> Nees	(Sudakova & Stoyakov, 1967)
<i>Curvularia</i> sp.	(Todd & Atkins, 1958)
<i>Curvularia geniculata</i> (Tr. & Earle) Boedijn	(Sudakova & Chernyak, 1967)
<i>Fusarium solani</i> (Mart) Sacc.	(Huang <i>et al.</i> , 1972)
<i>Fusarium</i> sp.	(Todd & Atkins, 1958)
<i>Fusarium oxysporum</i> Snyder & Hansen	(Sudakova & Stoyakov, 1967)
<i>Helminthosporium</i> sp.	(Todd & Atkins, 1958)
<i>Helminthosporium sativum</i> Pam., King & Bakke	(Sudakova & Chernyak, 1967)
<i>Nigrospora</i> sp.	(Vuong Huu Hai & Rabarijoela, 1968)
<i>Sclerospora</i> sp.	(Vuong Huu Hai & Rabarijoela, 1968)

Revue de la littérature sur *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942, nématode causant la maladie "White Tip" du riz.

R. FORTUNER
Laboratoire de Nématologie
O.R.S.T.O.M.
B.P. 1386 DAKAR Sénégal

par
et

K. J. ORTON WILLIAMS
Commonwealth Institute
of Helminthology
103 St Peter's Street
St Albans (Herts) Angleterre

PLAN

I. La maladie "White Tip"	16
(i) Histoire	16
(ii) Symptomes	16
(iii) Pertes de récolte	17
II. L'agent de la maladie: <i>Aphelenchoides besseyi</i> Christie, 1942	18
(i) Preuves de pathogénie	18
(ii) Taxonomie	18
(iii) Morphologie	18
(iv) Biologie	19
(v) Distribution géographique	20
III. Relations entre <i>Aphelenchoides besseyi</i> Christie et le "White Tip" du riz.	21
(i) Etiologie de la maladie	21
(ii) Association avec d'autres parasites	23
(iii) Races physiologiques	23
IV. Méthodes de lutte.	24
(i) Lutte culturale	24
(ii) Variétés résistantes	24
(iii) Lutte physique	25
(iv) Lutte chimique	25
V. Liste d'hôtes	28
VI. Bibliographie	31

I. La maladie "White Tip"

(i) **Historique:** La maladie actuellement appelée "White Tip" a été décrite à l'origine sous différents noms au Japon et aux USA. Il a fallu les travaux de nombreux chercheurs pour que soit établie l'identité de ces diverses affections du riz et que soit découverte leur cause commune: le nématode *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942.

Au Japon, Kakuta décrit (1915) une nouvelle maladie du riz: le "Black grain disease" à Kumamoto (Kyushu). Cette maladie est causée par un nématode qui ressemble au nématode responsable du "Ear blight" du mil italien dans la même région. En 1941, Tanaka & Uchida décrivent une maladie du riz se traduisant par une mauvaise croissance à Sorachi (Hokkaido). Cette maladie est elle aussi associée à un nématode. Yoshii (1944) décrit à son tour le "Heart blight" du riz causé par un nématode dans le Kyushu. Le nématode est décrit par Yokoo (1948) sous le nom de *Aphelenchoides oryzae*. Yoshii & Yamamoto (1950a) comparent ces diverses affections aussi bien du riz que du mil italien et établissent leur identité. Le nématode *Aphelenchoides oryzae* est le responsable dans tous les cas.

Aux USA, Jodon (1935) décrit une maladie qu'il nomme "White Tip" et qu'il attribue à une carence en fer, opinion partagée par Tullis & Cralley (1936) et Jones et al. (1938), tandis que Martin (1939) et Martin & Alstatt (1940) en rendent responsable une carence en magnésium du sol et un déséquilibre dans le rapport magnésium/calcium qui devient supérieur à un ou inférieur à un tiers. Takimoto (1943) est le premier à comparer la maladie du riz sévissant dans le Kyushu au "White Tip" américain. Cralley (1949) établit que le "White Tip" des USA est lui aussi causé par un nématode et confirme la ressemblance des symptômes avec ceux existant au Japon. Enfin Allen (1952) prouve l'identité des nématodes du riz américain et japonais; ces nématodes sont tous deux semblables à un parasite du fraisier décrit par Christie (1942) sous le nom de *Aphelenchoides besseyi*; c'est ce dernier nom qui prévaut en raison des règles d'antériorité.

Au cours des années suivantes le nématode est découvert dans un grand nombre de régions rizicoles, en Asie, en Amérique Tropicale, en URSS, etc. (voir la répartition géographique de *A. besseyi*, ci-dessous). L'Afrique ne semble pas être atteinte et des mesures de protection sont prises (Luc, 1960; Anon., 1962). Mais une enquête menée de 1965 à 1970 a montré que la plupart des pays africains étaient infestés probablement depuis longtemps puisqu'on découvre le nématode sur des variétés locales (variété Diatang de Bignona, au Sénégal), (Barat et al. 1969).

(ii) **Symptômes:** les symptômes de la maladie ont été décrits par de nombreux auteurs, en particulier Yoshii & Yamamoto (1950a) au Japon, Todd & Atkins (1958) aux U.S.A., Tikhonova (1966a) en U.R.S.S. etc.

Au tallage, l'extrémité des feuilles des plants affectés blanchit sur une longueur de 3 à 5 cm, puis se nécrose et se déchire en lanières. Le milieu et la base des feuilles sont parfois chlorosés ou, au contraire, présentent des colorations vert-sombre anormales. La teneur en chlorophylle des feuilles malades est plus élevée que celle des feuilles saines car le riz attaqué mûrit difficilement. Les feuilles supérieures et la feuille paniculaire sont les plus atteintes. Cette dernière est souvent tordue et enroulée, empêchant la sortie de la panicule.

La longueur des panicules est réduite et leur extrémité est souvent atrophiée. Elles portent moins de grains; au sommet de la panicule, ceux-ci sont souvent dépourvus de glumes. Certaines fleurs sont stériles, elles produisent des grains vides, aux enveloppes blanches et tordues. Les fleurs fertiles produisent parfois des grains

déformés au faible taux de germination et subissant un léger retard de la date de germination maximum. Les chaumes sont moins longs, le pourcentage de bon grain par épi est moins élevé, le nombre de grains vides est plus grand, le poids de mille grains sains est réduit. La nombre d'épis par plant est supérieur à la normale mais le rendement est très inférieur. Sur un même plan les panicules varient de l'état normal à la stérilité complète. La diminution de récolte est en rapport avec le pourcentage de tiges atteintes par la maladie. Les chaumes apparus les premiers sont les plus attaqués. Ils mûrissent tardivement ou restent à l'état végétatif, produisant de nouvelles panicules à partir des noeuds inférieurs.

Le tallage se fait mal, d'une façon anormale, à partir des noeuds supérieurs. Si l'infection s'est produite dès la levée, la taille des plants peut être réduite de moitié.

On peut trouver les symptômes d'attaque des grains sur des plants ne présentant pas le blanchiment des feuilles caractéristique du "White Tip". Au Bangla Desh les symptômes caractéristiques n'apparaissent pas chez les plants infectés par le nématode, (Timm, 1955). En Afrique les symptômes sont peu nets et peuvent être dus à d'autres organismes (Barat *et al.*, 1966a). Terry (1972) observe les symptômes foliaires typiques pour la première fois au Sierra-Leone en 1970 alors que le nématode y est connu depuis 1965.

Par contre des symptômes ressemblant à ceux du "White Tip" peuvent avoir des causes différentes: *Chlorops oryzae* Matsumura et *Eusarcoris ventralis* Westwood sont deux insectes provoquant des désordres semblables (Yoshii & Yamamoto, 1950a). D'après Vuong Huu Hai & Rabarijoela (1968), on peut confondre le "White Tip" à Madagascar avec les maladies dues à des carences en éléments fertilisants ou à des champignons parasites. Il est impossible de distinguer les dégâts causés aux repousses par *A. besseyi* et par un autre nématode parasite des parties aériennes: *Ditylenchus angustus* (Butler, 1913) Filipjev, 1936.

L'analyse nématologique des semences est donc indispensable pour diagnostiquer correctement la maladie.

(iii) **Pertes de récolte:** Les pertes de récolte varient selon le pays, la variété de riz, l'année etc. . . . Au Japon la récolte fut réduite de 10 à 30% dans les rizières attaquées en 1950 (Yoshii & Yamamoto, 1951). Les pertes variaient de 14,5 à 46,7% selon les variétés (Nishizawa & Yamamoto, 1951). Si tous les plants d'un champ étaient attaqués, la perte maximum serait de 60% pour la variété susceptible Ginchu et de 20% pour la variété plus résistante Norin 43 (Tamura & Kagawa, 1959c). Komori *et al.* (1963) notent une augmentation de rendement de 19 à 74% après le traitement des semences.

Aux USA, Todd & Atkins (1958) comparent les panicules de plants sains et malades. La longueur moyenne des panicules diminue de 21 à 15 cm, le poids passe de 2,5 à 0,7 g, le nombre de grains par panicule de 98 à 32, enfin le pourcentage de fleurs stériles augmente de 16 à 37%. Les mêmes auteurs (Atkins & Todd, 1959) notent des pertes de récolte de 17 à 54% pour les variétés sensibles et de 0 à 24% pour les variétés résistantes au cours de l'année 1954. En 1955 et 1956 les pertes ont été de 7% maximum pour les variétés sensibles.

A Formose, Hung (1959, 1962) signale une réduction de 20 à 55% dans le nombre de grains par panicule. En URSS Kononova & Vinnichuk (1959) ont trouvé des pertes de récolte de 26 à 61% en 1948, et Tikhonova (1966a) évalue les pertes causées par la maladie de 41 à 71%. Vuong Huu Hai & Rodriguez (1970) comptent jusqu'à 34% de panicules malades à Madagascar.

II. L'agent de la Maladie: *Aphelenchoides besseyi*, Christie, 1942

Preuves de Pathogenie:

Elevage du nématode Todd & Atkins (1952) réalisent l'élevage du nématode sur des champignons eux-mêmes cultivés sur grains de riz humides stérilisés à l'autoclave. Les champignons et les nématodes sont amenés par des grains de riz contaminés ayant subi une stérilisation de surface destinée à éliminer les *Aspergillus*, *Penicillium* et les Mucorales. Les champignons internes, qui réussissent seuls à se développer, appartiennent aux genres *Alternaria*, *Curvularia*, *Fusarium* et *Helminthosporium*. Des bactéries sont présentes également.

L'élevage monoxénique de *A. besseyi* a été réalisé par Sudakova & Chernyak (1967), Vuong Huu Hai & Rabarjoela (1968), Fortuner (1970) et Huang *et al.* (1972) qui utilisent un milieu stérile ensemencé par une seule espèce de champignon (les espèces employées sont citées dans la liste des hôtes de *A. besseyi*).

L'élevage axénique de ce nématode n'a pas été réalisé. Les essais de culture sur fibrine sanguine défibrée ou sur extrait de fibrine accompagnée ou non de faibles concentrations d'acide lactique et de vert malachite, tentés par Todd & Atkins (1952) ont échoué. Cependant Myers (1967) a réussi l'élevage de l'espèce voisine *Aphelenchoides sacchari* Hooper, 1958 sur un milieu liquide à base de foie de cheval broyé.

Inoculations Les nématodes provenant de ces élevages sont aussi capables de produire le "White Tip" que ceux directement extraits des grains de riz (Todd & Atkins, 1952). Leur inoculation à des plants de riz sains peut se faire soit par le sol, soit en introduisant une suspension de nématodes dans de l'eau sous la gaine foliaire de plants de 30 à 40 cm de haut, à l'aide d'une seringue (Todd & Atkins, 1952; 1958). Yamada *et al.* (1953) transmettent la maladie à des riz sains en plaçant des enveloppes de grains infectés sur le sol. L'inoculation peut se faire également en plaçant des plantules de riz âgées de 3 à 5 jours dans une boîte de Petri contenant les nématodes en suspension ou en aspergeant les feuilles des plantules âgées de 15 à 20 jours par la suspension (Vuong Huu Hai, 1969). Les plants de riz ainsi traités présentent les symptômes du "White Tip". A titre de contrôle, l'inoculation des champignons utilisés pour la culture du nématode ne produit pas la maladie. Des nématodes extraits des plants rendus artificiellement malades sont cultivés par la même méthode et identifiés comme étant bien *A. besseyi*. Les principes de pathogénie de Koch ont donc été observés avec les modifications habituelles pour les nématodes.

(ii) Taxonomie:

Comme nous l'avons vu lors de l'étude de l'histoire de la maladie, *Aphelenchoides besseyi* a été décrit comme parasite du fraisier par Christie en 1942. Le nématode du riz, *A. oryzae* Yokoo, 1948 a été synonymisé avec *A. besseyi* par Allen (1952).

Drozdovski (1967) crée un nouveau genre *Asteroaphelenchoides* dont l'espèce type est *Asteroaphelenchoides besseyi* (Christie, 1942) Drozdovski, 1967. Ce nouveau genre est rejeté par Nickle (1970) et par Fortuner (1970).

Aphelenchoides besseyi appartient à la famille des Aphelenchoididae, (super famille Aphelenchoidea, ordre Tylenchida, classe Nematoda).

(iii) Morphologie:

A. besseyi est décrit par Dastur (1936), Christie (1942), Yokoo (1948), Yoshii & Yamamoto (1950a), Svesnikova (1951), Allen (1952), Timm (1955), Tikhonova

(1966a), Barat, Delassus & Vuong Huu Hai (1966a), Vuong Huu Hai & Rabari-joela (1968) et Fortuner (1970).

Le lecteur pourra trouver la description de ce nématode ainsi qu'une illustration dans le volume 1, no. 4 des "C.I.H. descriptions of plant-parasitic nematodes".

A. besseyi est caractérisé, parmi les *Aphelenchoides*, par un sac post-vulvaire court, étroit et peu visible, un ovaire large avec des oocytes sur plusieurs rangées, un pore excréteur légèrement antérieur à l'anneau nerveux, une région labiale un peu plus large que la tête proprement dite, 4 incisures dans les champs latéraux, 4 mucrons à l'extrémité de la queue des 2 sexes, enfin les spicules du mâle sont dépourvues d'épaississement dorsal.

(iv) **Biologie:**

Reproduction et cycle: *Aphelenchoides besseyi* est une espèce bisexuée et, sur le riz, les deux sexes se présentent en nombre égal. Cependant une femelle placée seule dans des conditions optimales (en culture sur champignons à 23 à 30°C.) produit une abondante descendance en 20 à 30 jours (Sudakova & Stoyakov, 1967). La reproduction parthénogénétique est donc possible. Cependant des mâles apparaissent toujours et leur nombre dépasse celui des femelles après 30 à 40 jours, quand le milieu s'appauvrit. La durée du cycle, d'oeuf à oeuf, est de 6 jours et demi à 7 jours. Le développement de l'oeuf dure une demi journée, le deuxième stade larvaire 0,13 jours, le troisième stade 0,65 jours, le quatrième stade 0,9 jours et la maturation sexuelle de la femelle adulte 4,3 à 4,8 jours. Les larves doivent s'alimenter pour se développer: dans l'eau pure elles s'immobilisent en 2 à 3 jours et cessent leur croissance (Sudakova & Stoyakov, 1967). Dans la nature, la durée du cycle dépend des conditions écologiques: 29 jours à 14,7°C., 9 jours à 20,6°C., 6 jours à 25°C., et 3 jours à 31,8°C. (Tikhonova, 1966c). Le nombre de générations par an varie lui aussi:

Nombre de générations	Temp. journ. (°C.)			Humidité (%)	Durée du cycle (jours)	Localité
	Moyenne	Min.	Max.			
10	26.2	6	37.2	80	8-10	Tadjikistan
13	21.5	8	35	70	7-3	Ouzbekistan
8	16.3			80	15	Kazakstan

(Tikhonova, 1966c)

La somme des carrés des températures moyennes journalières nécessaires à l'accomplissement du cycle diminue quand ces températures augmentent: il faut par exemple $29j. \times (14,7^{\circ}C.)^2 = 6200^{\circ}C.$ à 14,7°C., $4000^{\circ}C.$ à 28°C., $3100^{\circ}C.$ à 31,8°C. (Tikhonova, 1966c). Le taux de multiplication dépend de la plante et de son degré de résistance à la maladie. Il est plus élevé après le tallage qu'avant et augmente après l'ébauche de la panicule (Goto & Fukatsu, 1956). *A. besseyi* vit entre 35 et 50 jours (Sudakova & Stoyakov, 1967).

La longueur des larves lors des troisième et quatrième mues varie légèrement en fonction de la température mais pas celles des larves lors de la deuxième mue. Le cycle de *A. besseyi* élevé sur *Fusarium solani* est de 24j. \pm 4 à 16°C., 15j. \pm 2,9 à 20°C., 9j. \pm 2 à 23°C., 10j. \pm 2 à 25°C. et 8j. \pm 2 à 30°C. La dernière est considéré comme température optimum. A 35°C., on observe encore des pontes, des éclosions et des mues mais la population n'augmente plus. (Huang et al. 1972).

Température: le nématode est actif tant que la température se situe entre 13°C. et 42°C. (Tikhonova, 1966c). Il meurt en 16 heures à 42°C. et en 4 heures à 44°C. (Barat *et al.*, 1966a). A 10°C. il reste immobile et meurt après un mois (Hashioka, 1964). La température optimum est de 31.8°C: (Tikhonova, 1966c), le cycle de développement est alors le plus court.

Humidité atmosphérique: *A. besseyi* ne peut se mouvoir que dans l'eau: les déplacements ont lieu après la pluie, quand la plante est recouverte d'un mince film d'eau. Il a une activité normale, et en particulier, il peut se nourrir, tant que l'humidité relative atmosphérique est supérieure à 70% (Tikhonova, 1966c). Les conditions climatiques tropicales sont donc favorables au nématode. Sa limite géographique est de 43° Nord sur le riz et de 40° Nord sur le fraisier (Barat *et al.*, 1966a).

Humidité du sol: Le pouvoir d'infection semble être plus faible dans le sol humide que dans l'eau de rizière. Cependant l'infection maximum est obtenue avec un sol humide inoculé deux jours avant le semis par une suspension de nématodes dans l'eau (Tamura & Kegasawa, 1959b). Les rizières mises en eau avant le semis sont moins atteintes par le "white tip" que celles dans lesquelles l'eau est amenée à l'émergence ou plus tard (Cralley, 1949).

Humidité des grains: Dans les grains de riz à 40% d'humidité, les nématodes sont très lents. A 35% ou moins, les nématodes deviennent soit quiescents, soit morts. A moins de 27% d'humidité on observe une réduction progressive du nombre de nématodes quiescents capables de reprendre leur activité après rehydratation (Huang & Huang, 1973).

Lumière: La proportion de tiges atteintes de "white tip" est plus faible dans des pots placés à l'ombre d'un écran rouge que dans des pots placés en serre à température élevée, bien que le nombre de nématodes soit plus important dans le premier cas (Tamura & Kegasawa, 1959b).

Engrais: Rappelons les premiers travaux américains montrant l'influence de la teneur du sol en fer, magnésium et calcium sur la gravité du "white tip". Yoshii (1951b) ne trouve pas de différences dans les taux d'azote résiduel total du sol de plants sains ou malades.

L'attaque de "white tip" est moins grave quand la teneur du sol en potassium diminue (Orsenigo, 1956). Le mouvement des nématodes d'un plant à l'autre est maximum au stade première feuille avec une double dose d'engrais azotés, au stade 3 à 4 feuilles avec une fertilisation normale (Tamura & Kegasawa, 1958). L'azote et l'urée n'ont pas d'effet net sur le "white tip" (Tamura & Kegasawa 1959b).

Le nitrate d'ammoniaque seul ou avec du superphosphate favorise à la fois le développement de la plante et celui des nématodes. L'infection atteint 100% des plants dans les pots fertilisés et seulement 24,3% des témoins non fertilisés. Dans les pots fertilisés avec les deux engrais, le nématode annule l'effet bénéfique des engrais (Sudakova *et al.*, 1964). Le silicate de calcium n'a pas d'effet sur la gravité des dégâts mais le sulfate d'ammonium, le superphosphate de chaux et le chlorure de potassium augmentent la sévérité de la maladie sans que le nombre de nématodes par grain varie dans les différents traitements (Tamura & Kegasawa 1959b).

(v) Distribution Géographique:

Afrique: Depuis la découverte de *A. besseyi* au Sierra-Leone et au Sénégal (Hooper & Merny, 1966) une enquête générale a permis de constater la présence

du parasite dans les états suivants: Cameroun, République Centre-Africaine, Dahomey, Gabon, Madagascar, Tchad, Togo, Zaïre (Barat *et al.*, 1969), Ghana, Nigeria, (Peachey *et al.*, 1966), Côte d'Ivoire (Merny, 1970), Comores (Vuong Huu Hai & Rabarijoela, 1968), Haute-Volta et Mali (Fortuner, 1970), Malawi (Siddiqi, 1970), Kenya, Ouganda et Tanzanie (Taylor, 1972, Taylor *et al.*, 1972), Rhodésie (Anon., 1972).

Amerique: Nous avons vu en étudiant l'histoire de la maladie que le "White Tip" a d'abord été découvert aux USA. Toutes les régions rizicoles sont atteintes: Louisiane, Texas, Arkansas. Le nématode existe aussi sur la Côte Est comme parasite du fraisiier. En dehors des USA, le nématode a été trouvé au Brésil sur fraisiier (Monteiro, 1963) puis sur riz (Lordello, 1969), à Cuba (Fernandez Diaz Silveira, 1967), au Salvador (Ancalmo & Davis, 1962), au Mexique (Preciado Castillo, 1953) et sur *Dioscorea trifida* à la Guadeloupe (Kermarrec & Anaïs, 1973).

Asie: Au Moyen-Orient, Barat *et al.*, (1966a) signalent que l'Egypte subit des dégâts sérieux. Le nématode a récemment été trouvé en Israël au bord du lac Tiberiade (hôte non précisé) (Por, 1968).

En Extrême-Orient, le nématode existe bien sûr au Japon (voir historique). Aux Indes, il fut trouvé d'abord dans les Provinces Centrales (Dastur, 1936) puis au Nord du pays (Srivastava, 1966) et à Madras et Orissa (Muniappan & Seshadri, 1964). On le trouve également au Bangla Desh (Timm, 1955), au Srilanka (Hashioka, 1964), Formose (Hung, 1959), Thaïlande et Philippines (Timm, 1965) enfin il existe sans doute également en Indonésie puisque le nématode a été découvert à la "East African Quarantine Station" sur des semences de riz provenant de ce pays (Barat *et al.*, 1966a).

Europe: En URSS, *A. besseyi* est signalé dès 1951 à Krasnodar (Sveshnikova) puis en Asie Centrale (Tikhonova, 1960) en Ouzbekistan (Sudakova *et al.*, 1964) et enfin dans toutes les régions rizicoles (Tikhonova, 1966a). Il est signalé en Hongrie également (Javor, 1970). En 1954 Orsenigo soupçonne sa présence en Italie mais ne réussit pas à le découvrir avec certitude.

Océanie: A Hawaï, *A. besseyi* est découvert sur de nombreux hôtes autres que le riz (Allen, 1952, Sher, 1954). Il est signalé en Australie (Queensland) sur fraisiier (Anon., 1971), et fougères (Anon., 1972).

III. Relations entre *Aphelenchoides besseyi* Christie et le "White Tip" du riz.

(i) Etiologie de la maladie:

Aphelenchoides besseyi parasite le riz pluvial comme le riz inondé.

L'infection est assurée par les nématodes se trouvant dans les semences provenant de grains malades. Cralley (1952) a prouvé que c'était le seul moyen de transmission de la maladie: du riz cultivé dans des pots ayant contenu des plants malades reste sain mais il est atteint de "White Tip" si on ajoute des enveloppes de grains provenant de plants infectés. La désinfection des semences fait disparaître la maladie (Todd & Atkins, 1958). Les débris de riz laissés sur le champ après la récolte constituent une autre source de contamination d'après Tikhonova (1966c) mais Yoshii & Yamamoto (1950b) estiment que les rares nématodes se trouvant dans la paille après battage ne peuvent survivre à l'hiver. Cette opinion est nuancée dans un autre article (Yoshii & Yamamoto, 1950c) dans lequel ces auteurs admettent la possibilité d'une très faible contamination par les débris de la culture précédente

ou par les mauvaises herbes présentes dans la rizière. Un plant sain peut également être infecté par un plant malade poussant à proximité ainsi que par l'eau d'irrigation, même après repiquage.

A Madagascar les rouspousses de riz sont fortement infectées et sont peut être capables de transmettre la maladie d'une saison à l'autre (à Madagascar ces repousses ne sont pas coupées de façon à fournir du fourrage au bétail) (Vuong Huu Hai & Rodriguez, 1970).

Cependant l'infection par les semences est la plus commune. On trouve d'un à 14 nématodes par grain, en moyenne 6,6 (Todd & Atkins, 1958). S'il y a moins de 30 nématodes vivants pour 100 grains, les dégâts ne seront pas graves (Fukano, 1962). Ils se trouvent entre le grain et ses enveloppes, repliés en spirale dans un état d'anabiose, dont ils sont tirés lorsque le grain est placé dans l'eau. Quelques individus sortent du grain dès la première heure, mais le maximum de sorties a lieu après 12 à 24 heures, en fonction de l'âge du grain et de la température de l'eau (Todd & Atkins, 1958). Plus la température est élevée, plus la sortie est rapide: à 30°C. après 150 heures d'immersion, il ne reste que 18% des nématodes à l'intérieur du grain et parmi eux 91% sont morts: à 20°C. les pourcentages respectifs sont 35% et 53%. La température ne doit pas être trop élevée: à 35°C. aucun nématode ne sort (Tamura & Kegasawa, 1957).

Les nématodes sont attirés par les plants de riz, plus par les variétés sensibles que par les variétés résistantes. Ils se dirigent de préférence vers les parties jeunes en croissance. Ils sont attirés par les jus issus du pressage de ces organes et des grains germants, par le distillat et le reliquat de distillation de ces jus. Enfin les plantules de blé et d'orge sont également attractives. Au contraire les nématodes ne se dirigent pas vers les parties âgées (Goto & Fukatsu, 1956). Les racines ne les attirent pas non plus (Tamura & Kegasawa, 1958). Les nématodes envahissent les plantules dans les 10 jours après le semis (Hashioka, 1964). Au début du tallage ils se trouvent près du point de croissance, en ectoparasites à l'intérieur des jeunes feuilles encore enroulées (Yoshii & Yamamoto, 1950b).

L'action des nématodes se traduit par une obstruction des vaisseaux de la partie blanche des feuilles par des gommages et une désintégration des cellules du phloème. Les cellules ont une croissance ralentie, et leurs chloroplastes sont rares ou absents. Des nécroses apparaissent dans les cas extrêmes (Yoshii & Yamamoto, 1950a).

A mesure que le plant grandit, les nématodes se déplacent vers le haut et restent au sommet de la tige. Ils se nourrissent des tissus végétaux sans les pénétrer. Après avoir lavé la plante, si on la colore par des produits sélectifs des nématodes, on ne découvre aucun parasite dans les tissus, alors que les eaux de lavage ont entraîné de nombreux nématodes qui se trouvaient donc en surface (Todd, 1952). A la fin du tallage, la population augmente rapidement. Les parasites qui se trouvent à l'aisselle des feuilles sont en partie entraînés par l'eau de pluie ou d'irrigation et vont contaminer les plants voisins ou d'autres rizières en aval. Les nématodes restés sur le plant migrent pour la plupart vers la panicule en formation. Ils piquent l'inflorescence encore verte et la feuille paniculaire puis pénètrent dans les fleurs pendant la floraison. Huang & Huang (1972) découvrent que le nématode effectue son entrée avant l'anthèse par un orifice large de 30 μ , au bout d'un passage limité de part et d'autre par les extrémités apicales du lemma et du palea de l'épillet. Selon eux, les nématodes à la surface de l'épillet continuent leur pénétration durant l'anthèse. Ils se multiplient abondamment avant l'anthèse, se nourrissant des tissus succulents des ovaires, des étamines, des lodicules et des embryons du grain. Après l'anthèse, la reproduction décline à mesure que le grain mûrit; le taux de reproduction étant

lié à l'humidité du grain, il diminue avec sa déshydratation. Huang & Huang montrent également que les juvéniles du 2ème stage continuent à se développer en larves du 3ème stage jusqu'au 18ème jour après l'anthèse, alors que les larves du 3ème stage se développent en adultes jusqu'au 30ème jour, les grains étant alors mûrs. Fukano (1960) trouve que les nématodes à l'extérieur du grain deviennent moins nombreux après la floraison et ne s'observent plus après le 30ème jour. Quand l'humidité du grain diminue jusqu'à 15 à 18%, les nématodes, à tous les stades de leur existence sauf le deuxième stade larvaire, s'enroulent et se mettent dans un état d'anabiose (Tikhonova, 1966c). D'après cet auteur, on trouve également des nématodes en anabiose sur les tiges, les chaumes et autour des racines sèches.

Pendant l'anabiose, les polysaccharides des nématodes sont hydrolysés et on ne trouve que des sucres simples (Kostyuk, 1967). Les nématodes peuvent survivre très longtemps dans le grain: Yoshii & Yamamoto (1950b) trouvent des individus vivants après trois ans de stockage. Todd & Atkins (1958) ayant conservé des semences de riz, découvrent des nématodes vivants après 23 mois mais pas après 24. (Le riz a alors pratiquement perdu son pouvoir germinatif). Par contre si les grains sont en terre, presque tous les nématodes disparaissent en quelques mois.

Cependant Terry (1972) au Sierra-Leone découvre des nématodes dans les sols portant des cultures de choux, melon d'eau, repousse de riz et jachère cinq mois après la récolte du riz infesté.

(ii) Association avec d'autres parasites:

Ditylenchus angustus (Butler) Filipjev, le deuxième nématode dangereux pour le riz, se trouve parfois sur les mêmes plants que *A. besseyi* (Timm, 1955). A Madagascar, au contraire, les deux parasites sont très rarement associés (Vuong Huu Hai & Rodriguez, 1970). Nishizawa (1953b) a étudié l'interaction entre *A. besseyi* et un champignon à sclérotos responsable d'une pourriture de la tige. Cette maladie est plus grave quand le champignon est seul que lorsqu'il est en compagnie du nématode. Par contre, le poids de 1,000 grains diminue dans l'ordre: champignon seul, nématode seul et parasites associés. Merny (1957) rapporte l'attaque du riz par le champignon *Leptosphaeria oryzina* qui semble être précédée de l'apparition d'un nématode ressemblant à *A. besseyi*.

Orsenigo (1956) étudie l'effet du potassium sur *Leptosphaeria salvinii* (att.), *Helminthosporium oryzae* Van Breda de Haan et *Aphelenchoides besseyi* seuls ou associés sur la même plante.

Les plants infestés par le nématode sont relativement résistants à *Leptosphaeria salvinii* par suite d'une plus grande activité des enzymes respiratoires et d'un métabolisme plus vigoureux induits par la présence du nématode (Nonaka, 1959). L'apparition de feuilles atteintes de "White Tip" est apparemment plus faible dans les plants infectées avec le "Rice dwarf Virus" (Kimura & Nishizawa, 1965).

(iii) Races physiologiques:

Il existe peut-être deux ou plusieurs races physiologiques dans l'espèce *A. besseyi*. En effet Noegel & Ferry (1963) ont remarqué que des fraisiers cultivés au milieu de chrysanthèmes malades ne sont pas attaqués par le nématode. *A. besseyi* est tantôt endoparasite, tantôt ectoparasite, mais ceci semble dû à des différences entre hôtes plutôt qu'entre nématodes puisque *A. besseyi* ectoparasite sur *Vanda* devient endoparasite si on le transporte sur *Saintpaulia* (Allen, 1952). On trouvera une description de la biologie de *A. besseyi*, parasite du fraisier dans Thorne (1961), de *Polianthes tuberosa* dans Holtzmann (1968), de *Ficus elastica*

dans Marlatt (1966, 1970 et 1971), de *Hibiscus brachendridgii* dans Raabe & Holtzmann (1966), de *Polianthes tuberosa* dans Trujillo (1968) enfin Sher (1954) donne quelques indications sur les dégâts causés à différentes plantes à Hawaï.

IV. Methodes de Lutte

(i) Lutte culturale:

Mode de semis: Si le riz est semé à sec et mis en eau en post émergence, quand il a 7,5 à 10 centimètres de haut, le "white tip" apparaît dans 60% des cas. La maladie est moins grave si l'eau est amenée dès l'émergence, enfin si le riz est semé dans l'eau, la majorité des nématodes meurt en moins d'une semaine et 0,5% des plants seulement sont atteints. Cette méthode réduit la population de nématodes pour plusieurs années (Cralley, 1956).

La gravité de l'attaque semble plus forte chez des plants venant de pépinières non inondées, repiqués tardivement et à forte densité (Yamada *et al.*, 1953).

Date de semis: Cralley (1949) recommande le semis précoce aux U.S.A. Yoshii & Yamamoto (1951) conseillent de semer avec 60 jours d'avance au Japon. Cependant Dastur (1936), aux Indes, remarque que les variétés hâtives fleurissent pendant la saison des pluies, ce qui favorise les déplacements des nématodes vers la panicle.

Lit de semence: Tamura & Kegasawa (1959a) constatent qu'un lit de semence recouvert de papier huilé réduit le nombre de nématodes et le nombre de tiges endommagées.

Nettoyage des champs: L'enfouissement des pailles, des débris, des herbes et des repousses est conseillé par Vuong Huu Hai (1969). On peut aussi pratiquer la rotation culturale (Tikhonova, 1966c).

Influence des engrais: Rappelons l'influence des engrais et des oligo éléments, étudiée au chapitre "biologie". Martin & Alstatt (1940) conseillent l'application de 200 à 300 lb/acre⁽¹⁾ de sulfate de magnésium ou de 500 lb/acre⁽¹⁾ d'une chaux à haute teneur magnésienne (cf. p 20).

(ii) Variétés résistantes:

U.S.A. Arkansas Fortuna, Asahi, Bluebonnet, Bluebonnet 50, Improved Bluebonnet, Century 231, Fortuna, Hill long grain, Nira, Nira 43, Rexoro, Sunbonnet, Texas Patna, Toro, TP-49 sont résistantes au "White Tip". Century 52, Century Patna 231, Rexark sont moyennement résistantes (Cralley, 1949, 1954; Cralley & Adair, 1949; Todd & Atkins, 1959).

Japon: Tosan 38 est très résistante, Norin 8 et Norin 43 sont résistantes, Norin-Mochi 5 et Natsushimo sont moyennement résistantes. La résistance semble héréditaire et portée par la variété Asa-Hi (Goto & Fukatsu, 1956; Nishizawa, 1953a).

Norin 1, Hônen-Wase et Ginmasari sont moyennement résistants (Komori *et al.*, 1963).

Indes: Les variétés Gurmartia et Chinoor sont presque indemnes, Surmartia est peu touchée (Dastur, 1936).

⁽¹⁾ 1 lb. = 0,453 kg. 1 acre = 0,405 ha.

Italie: Rinaldo-Bersani est résistante. Carnaroli et Pierrot sont moyennement résistantes (Orsenigo, 1954; 1955a).

Afrique et Madagascar: On ne sait pas encore quelles sont les différences de sensibilité variétale. Une liste des variétés sur lesquelles on a découvert *A. besseyi* est donnée par Barat *et al.* (1969).

(iii) **Lutte physique:**

Le traitement des semences à l'eau chaude est la meilleure méthode de lutte contre le "white tip". Il n'est pas nécessaire de traiter chaque année: du riz traité en 1949 a produit une récolte saine qui, plantée sans traitement en 1950 donne à son tour une récolte saine. Les plants de 1951, toujours non traités sont atteints de "white tip" dans 1% des cas (Cralley, 1952).

La mise au point du traitement a été délicate et a fait l'objet des études de nombreux chercheurs:

(a) Cralley, 1949: trempage des grains dans de l'eau à 52 ou 53°C. pendant 15 minutes.

(b) Yoshii & Yamamoto, 1950d: pré-trempage pendant 16 à 20 heures dans l'eau froide, traitement de 50 à 52°C. pendant 5 à 10 minutes. Cette méthode produit un retard de 1 jour dans la croissance au 4ème jour après semis. On peut traiter jusqu'à 3 mois avant le semis.

(c) Yoshii & Yamamoto, 1951: la méthode précédente ne convenant pas, les auteurs conseillent un traitement de 56 à 57°C. pendant 10 à 15 minutes sans pré-trempage. Des retards de germination apparaissent à 60°C. pendant 20 minutes.

(d) Cralley, 1952: pré-trempage de 8 à 12 heures dans l'eau froide, pré-chauffage de 15 secondes à 55°C., traitement de 50 à 53°C. pendant 15 minutes, refroidissement pendant 5 minutes dans l'eau froide. Cette méthode a permis d'accroître la récolte de la variété sensible Arkrose de 5 à 10 bushels⁽¹⁾.

(e) Fukano & Yokoyama, 1952: méthode expérimentale consistant à mettre le riz dans de l'eau de 44,7 à 46,1°C. pendant 10 heures pendant lesquelles la température baisse naturellement jusqu'à 20,7 à 31,6°C. Les résultats sont bons mais variables.

(f) Kononova & Vinnichuk, 1959: après un premier traitement à 55°C pendant 10 min suivi d'un refroidissement à 18-20°C. pendant 10 min un deuxième traitement à lieu à 50-52°C. pendant 15 min suivi d'un dernier refroidissement. Ces opérations assurent la destruction de 98,8% des nématodes sans être phytotoxiques.

(g) Atkins & Todd, 1959: après étude des différents traitements, les auteurs conseillent un traitement de 51 à 53°C. pendant 15 minutes précédé de 24 heures de pré-trempage pour les grosses quantités de grains si l'on ne dispose pas d'un appareil précis. Ou bien un traitement sans pré-trempage de 55 à 61°C. pendant 10 à 15 minutes pour de petits échantillons [l'IRAT a établi les plans et le devis d'un appareil susceptible de traiter par cette méthode 2 à 4 sacs de 50 Kg. de riz (Anon. 1965b).]

(iv) **Lutte chimique:**

Premières études. Yoshii & Yamamoto (1950c) passent en revue les premières

(1) 1 bushel = 0,352 hl.

études effectuées au Japon. Le sulfate de nicotine dilué à 1/500, pulvérisé sur les inflorescences à l'épiaison réduit le nombre de nématodes mais aussi le rendement. Le traitement des semences par la chloropicrine détruit leur pouvoir germinatif tandis qu'une solution à 1/50 de formol (à 35% de formaldéhyde) n'est pas nématicide.

L'action du formol est également étudiée en URSS par Kononova & Vinnichuk (1959) qui tuent les nématodes par trempage des semences dans du formol dilué à 1/4 ou 1/8 mais détruisent aussi le pouvoir germinatif.

Le Bromure de Méthyle. Aux Etats-Unis, les premières études ont porté sur le bromure de méthyle. Tullis (1951) réussit à détruire les nématodes présents dans des grains de la variété Zenith par une fumigation de 6h avec 1,25 lb/1000 cu. ft. sans réduction du pouvoir germinatif des semences. Pour la variété Bluebonnet, il faut réduire la dose à 1 lb./1000 cu. ft. et traiter pendant 15h, puis aérer pendant quelques jours et traiter à nouveau à la dose 0,5 lb./1000 cu. ft. pendant 15h. Cralley (1952) montre que la dose de bromure de méthyle nécessaire pour une action nématicide efficace varie en raison inverse de l'humidité des semences. Cependant le riz est plus sensible au bromure de méthyle quand son humidité est plus élevée. Avec la variété Arkrose, à 13% d'humidité, il faut 1,25 lb./1000 cu. ft., pendant 12h mais 1,5 lb./1000 cu. ft. pendant 12h retarde légèrement la germination des graines quand l'humidité est supérieure à 13% (Cralley & French, 1952). Todd & Atkins (1959) étudient l'action du bromure de méthyle en fonction de l'humidité des graines, de la dose du produit et de la durée de fumigation. A 9,7% d'humidité, aucun traitement ne parvient à tuer les nématodes; à 17,7%, tous les traitements réduisent le taux de germination; à 13,8%, certains traitements (par exemple 1,5 lb/1000 cu. ft. pendant 12h) réduisent la gravité du "White Tip" sans trop endommager les graines. Les auteurs concluent que ce traitement n'est pas applicable pratiquement.

Organo Phosphores et Organo Mercuriques. Divers produits appartenant à ces groupes ont été essayés pour lutter contre le "White Tip".

Cralley & French (1952) étudient l'action du parathion (*O,O*-diethyl *O*-(*p*-nitrophenyl phosphorothioate) à 25%, du Systox® = démeton (*O,O*-diethyl *O*-2-(ethylthio) ethyl phosphorothioate mélangé à: *O,O*-diethyl *S*-2-(ethylthio) ethyl phosphorothioate) à 50% et de l'Aagrano® (3-ethoxypropyl) bromure de mercure) à 3,5% ainsi qu'un trempage de 12h dans du bichlorure de mercure à 1‰. Tous ces produits réduisent la gravité du "White Tip" mais les deux derniers ont un effet phytotoxique dû au mercure. Cralley (1952) étudie également l'effet du malathion.

Au Japon le parathion-méthyle (*O,O*-dimethyl *O*-(*p*-nitrophenyl phosphorothioate) est étudié sous le nom de Folidol®. Fukano *et al.*, (1953) et Nishizawa (1953) essayent le Folidol® en pulvérisation foliaire ou pour le trempage des racines des plantules pendant 24h Gomi & Nakazato (1962) recommandent le trempage des semences dans une solution à 1‰ de Folidol® soit pendant 8h après une journée de pré-trempage, soit pendant 24h sans pré-trempage. Ils conseillent également le trempage des racines avant repiquage dans une solution de Folidol® à 1 ou 2‰ pendant 12 à 24h.

Les travaux de Todd & Atkins (1959). De 1949 à 1959, Atkins & Todd étudient, aux USA, l'action d'une cinquantaine de produits chimiques pour mettre au point une méthode de désinfection des semences contre le "White Tip".

Les fongicides non mercuriques ont une action nématicide faible ou nulle: thirame (disulfure de bis (diméthyl-thiocarbamyle), chloranil (tetrachloro-p-benzoquinone) et dichlore (2,3-dichloro-1,4,naphthoquinone).

Les fongicides mercuriques détruisent le pouvoir germinatif des semences aux concentrations nécessaires pour tuer les nématodes: Panogen® (methylmercuric dicyan diamide), Ceresan M® (*N*-(éthylmercuri)-*p*-toluène sulfonanilide), New Improved Ceresan® (ethyl mercury phosphate) et Aagrano®.

La chloropicrine, le dibromure d'éthylène et la formaldehyde détruisent à la fois les nématodes et le pouvoir germinatif des semences.

Un certain nombre d'insecticides, dont le parathion, tuent une partie des nématodes mais ne furent pas testés à fond car dangereux, d'autres produits paraissaient d'ailleurs être plus efficaces.

Essayés depuis 1952 (Atkins & Todd, 1952) trois produits expérimentaux composés de la rhodanine semblent avoir une bonne action nématicide sans être phytotoxiques. Ce sont le N-224 (3-*p*-chlorophenil-5-méthyl rhodanine), le N-168 (3-méthyl-5-éthyl rhodanine) et le N-245 (3-*p*-chlorophenil-5-éthyl rhodanine).

Le N-224 était alors proposé aux riziculteurs sous le nom de Stauffer Rice Seed Treatment 1,40% matière active, mais ce produit ne parvenait pas à réduire la maladie en 1954 et 1955 a été abandonné (Todd & Atkins, 1959).

Produits Japonais Divers. Hirota et Yamada (1958) étudient l'action nématicide de l'O.C.R. (octyl chloro resorcinol) et du dialkyl sodium sulfo succinate avec divers surfactants du groupe alkyl.

Tanaka (1959) obtient de bons résultats avec des esters rhodanate acétiques: REE-200, REM-200 et REB-200, surtout le premier employé pour le trempage des semences (24h de trempage dans une solution à 1/600 de REE-200, 20% m.a.).

Komori *et al.* (1963) emploient le Systox® à 1‰ pendant 12h pour le trempage des semences, également le nitrate d'argent à 1‰ pendant 1h et les REE-200 et REM-200 (20% m.a.) à 1‰ pendant 12h. Pour Seike (1965) ces deux derniers produits doivent être utilisés à 40% de m.a. et à une concentration de 1‰ pendant 24h.

Produits Systémiques. Comme on le voit, les essais de nombreuses substances chimiques n'ont pas, jusque vers les années 60, apporté de véritable solution au problème de la désinfection des semences contre *Aphelenchoides besseyi*. Il faudra attendre la découverte des produits systémiques pour obtenir des résultats intéressants.

En 1967 Locascio *et al.* luttent contre *A. besseyi* sur fraisier soit par trempage des plants dans le Zinophos®: thionazin (*O,O*-diéthyl *O*-2-pyrazinyl phosphorothioate) à 300 ppm pendant 5 min. soit par traitement du sol par 10-20 lb/acre de Furan®: carbofuran (2,3 dihydro-2,2-diméthyl-7-benzofuranyl methylcarbamate), 3 lb/acre de Bayer 25141® = dazanit (*O,O*-diéthyl *O-p*-(méthyl-sulfinyl) phenyl phosphorothioate) et 30 lb/acre de Sarolex: diazinon (thiophosphate de *O,O*-diéthyle et d'*O*-(isopropyl-2 méthyl-6 pyrimidile-4). Tous ces produits sont efficaces mais seul le Bayer 25141® à 10-20 lb/acre permet une destruction totale des nématodes et une excellente croissance des plantes.

Yasu (1968) recommande entre autres, le Sassen® (ethyl thiocyno acetate) pour la désinfection des semences.

Vuong & Rodriguez (1970) obtiennent de bons résultats par le trempage des semences dans divers produits: Sassen 40® (34 cm³ dans 10 l. d'eau), Dimecron 50® = phosphamidon (phosphate de (chloro-2-diethyl carbomoyl-2-methyl-1-vinyle) et de diméthyle) à 20 cm³ pour 10 l. d'eau et le Thibenzole® = 75% de thiabendazole (2-(4-thiazolyl) benzimidazole) à 14 g/10 l. d'eau. Pour le traitement du sol ils essaient le Terracur® = 5% de fensulfothion (*O,O*-diethyl *O*-p-(methyl sulfinyl) phenyl phosphorothioate), la Basudine® = 5% de diazinon, le Disyston® 5% de disulfoton (dithiophosphate de *O,O*-diméthyle et de S-(methyl-carbamoyl-méthyl) à 80 g/m² et le Thimet® = 10% de phorate (*O,O*-diethyl S-(ethylthio) methyl phosphorothioate) à 40 g/m².

Templeton *et al.* (1971) essayent l'enrobage des semences de riz avec du Benlate 50®: 50% de benomyl (ester méthylique de l'acide 1-(butyl carbamoyl)-2 benzimidazo carbamique à 2-4 oz/bu, légèrement humidifié. Le traitement est efficace mais des nématodes, placés 12h dans une solution à 1000 ppm. de benomyl, restent actifs.

Cette revue des travaux entrepris jusqu'en 1973 souligne l'importance économique et la distribution de ce parasite ravageur d'une céréale de première nécessité mondiale.

La liste ci-dessous de plantes attaquées par *A. besseyi* met en valeur non seulement la variété des cultures attaquées mais aussi la très grande distribution géographique de ce nématode.

V. Liste d'hôtes

Plante		Auteur	Pays
Nom Latin	Nom commun		
<i>Allium cepa</i> L.	Oignon	Timm, 1965	Thaïlande Philippines
<i>Boehmeria nivea</i> Gaudich.	Ramie	Fortuner, 1970	Philippines
<i>Brassica pekinensis</i> Rupr.	Chou de Chine	Timm, 1965	Philippines
<i>Chrysanthemum maximum</i> Ram.		Sher, 1954	Hawaï
<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ram.		Sher, 1954	Hawaï
<i>Coleus blumei</i> Benth.		Sher, 1954	Hawaï
<i>Cyperus iria</i> L.		Yoshii & Yamamoto, 1950b	Japon
<i>Cyperus</i> sp.		Vuong Huu Hai, 1968	Comores
<i>Dahlia variabilis</i> Desf.		Sher, 1954	Hawaï
<i>Digitaria adscendens</i> (H.B.K.) Henrard		Ino, 1971	Japon
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.		Yoshii & Yamamoto, 1950b	Japon
<i>Dioscorea trifida</i> L.	Igname	Kermarrec & Anais, 1973	Guadeloupe

<i>Erechtites praealta</i> Raf.		Sher, 1954	Hawai
<i>Ficus elastica</i> Roxb. (var. <i>decora</i>)		Marlatt, 1966	U.S.A.
<i>Frageria chiloensis</i> Duch. (var. <i>ananassa</i>)	Fraisier	Christie, 1942 Allen, 1952	U.S.A. Hawai
<i>Glycine hispida</i> Max.	Soja	Barat <i>et al.</i> 1966a	
<i>Hibiscus brachenridgi</i> Gray		Raabe & Holtzmann, 1966	Hawai
<i>Hydrangea macrophylla</i> Ser.		Sher, 1954	Hawai
<i>Impatiens balsamina</i> L.		Sher, 1954	Hawai
<i>Imperata cylindrica</i> Beauv.		Vuong Huu Hai & Rabarijoela 1968	Comores
<i>Ipomoea batatas</i> Lam.	Patate douce	Timm & Ameen, 1960	Pakistan
<i>Panicum bisulcatum</i>		Ino, 1971	Japon
<i>Panicum crus-galli</i> var. <i>frumentaceum</i>		Ino, 1971	Japon
<i>Pennisetum typhoides</i> (Burm.f.) Stapf f.C.E. Hubbard		Hashioka, 1964	
<i>Pluchea odorata</i> Cass.		Sher, 1954	Hawai
<i>Polianthes tuberosa</i> L.		Holtzmann, 1968	Hawai
<i>Pycreus polystachyus</i> Beauv.		Vuong Huu Hai & Rabarijoela 1968	Comores
<i>Saccharum officinarum</i> L.	Canne à sucre	Fernandez & Diaz Silveira 1967	Cuba
<i>Saintpaulia ionantha</i> Wendl.	Violette africaine	Allen, 1952	U.S.A.
<i>Setaria italica</i> Beauv.	Millet italien	Yoshii & Yamamoto, 1950a	Japon
<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.		Yoshii & Yamamoto, 1950b	Japon
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roem & Schult.) Hitchc.		Marlatt, 1970	U.S.A.
<i>Tagetes</i> sp.		Sher, 1954	Hawai
<i>Tithonia diversifolia</i> A. Gray		Sher, 1954	Hawai
<i>Torenia fournieri</i> Linden		Sher, 1954	Hawai
<i>Vanda</i> sp. x Miss Joaquim		Allen, 1952	Hawai
<i>Vanda</i> sp. x Rose Marie		Sher, 1954	Hawai
<i>Vanda</i> sp. x Miss Deum		Sher, 1954	Hawai
<i>Vanda</i> sp. & Trimeril		Sher, 1954	Hawai
<i>Vanda</i> sp. x Luma		Sher, 1954	Hawai
<i>Vanda</i> sp. x Miss Joaquim x Kapoho		Sher, 1954	Hawai
<i>Zea mays</i>	Maïs	Timm, 1965	Thailande
<i>Zinnia elegans</i>		Sher, 1954	Hawai

A. besseyi n'est pas un parasite obligatoire des plantes supérieures car il peut se nourrir de champignons. On l'a trouvé sur:

<i>Alternaria</i> sp.	(Todd & Atkins, 1958)
<i>Alternaria oleracea</i> Milbrath	(Fortuner, 1970)
<i>Alternaria tenuis</i> Nees	(Sudakova & Stoyakov, 1967)
<i>Curvularia</i> sp.	(Todd & Atkins, 1958)
<i>Curvularia geniculata</i> (Tr. & Earle) Boedijn	(Sudakova & Chernyak, 1967)
<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.	(Huang <i>et al.</i> , 1972)

- Fusarium* sp. (Todd & Atkins, 1958)
Fusarium oxysporum Snyder & Hansen (Sudakova & Stoyakov, 1967)
Helminthosporium sp. (Todd & Atkins, 1958)
Helminthosporium sativum Pam., (Sudakova & Chernyak, 1967)
King & Bakke
Nigrospora sp. (Vuong Huu Hai & Rabarijoela, 1968)
Scelerospora sp. (Vuong Huu Hai & Rabarijoela, 1968)

References

- ALLEN, M. W., 1952. "Taxonomic status of the bud and leaf nematodes related to *Aphelenchoides fragariae* (Ritzema Bos, 1891)." *Proc. helminth. Soc. Wash.*, **19** (2), 108-120.
- ANCALMO, O. & DAVIS, W. C., 1962. "Diseases of rice new to El Salvador." *Pl. Dis. Repr.*, **46** (4), 293.
- ANON., 1962. "Memorandum pour la procédure phytosanitaire en Afrique." *Inter-African Phytosanitary Commission*. C.C.T.A., Publication No. 82, 178 pp. (Distributed by: Commission Phytosanitaire Interafricaine, rue de l'Hippodrome, B.P. 4170, Nlong-kak Yaoundé, Cameroun.)
- ANON., 1965a. "Appearance of *Aphelenchoides besseyi*." *Pl. Prot. Bull. F.A.O.*, **13**, 114.
- ANON., 1965b. "Un appareil de thermothérapie pour les semences de canne à sucre et de riz dans les exploitations moyennes." *Cah. Agric. pratique Pays Chauds, Suppl. Agron. Trop., Nogent*, **20**, 153-158.
- ANON., 1970. "Bvumbwe Research Station. Plant Pathology. Annual Report 1970." *Limbe, Malawi: Ministry of Agriculture*, 10 pp. (Plant nematology pp. 3-4.)
- ANON., 1971. "Queensland Department of Primary Industries. Annual Report 1970-71." *Brisbane*: 56 pp. (Plant Nematology, pp. 38, 46.)
- ANON., 1971. "Record of Research. Annual Report 1970." *Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organization*, 170 pp. (Plant nematology 81-87.)
- ANON., 1971? "Bvumbwe Research Station, Plant Pathology Services. Annual Report for the year 1970-71." *Limbe, Malawi: Ministry of Agriculture*, 15 pp. (Plant Nematology pp. 7-10).
- ANON., 1972. Rhodesia, Secretary for Agriculture. Report of the Secretary for Agriculture for the period 1st October, 1970 to 30th September, 1971. *Salisbury, Rhodesia*: 76 pp.
- ANON., 1972. Australia. Queensland Department of Primary Industries. Annual Report 1971-72. *Brisbane, Australia*: 48 pp.
- ATKINS, J. G., 1952. "Studies of white tip of rice and its control in Louisiana." *Rice J., New Orleans*, **55** (11), 8-10, 31.
- ATKINS, Jr., J. G. & TODD, E. H., 1952. "Laboratory screening of chemicals for control of white rice tip." [Abstract.] *Phytopathology*, **42** (9), 463.
- ATKINS, J. G. & TODD, E. H., 1959. "White tip disease of rice. III. Field tests and varietal resistance." *Phytopathology*, **49** (4), 189-191.
- BARAT, H., DELASSUS, M. & VUONG HUU HAI, 1966a. "Présence en Casamance de l'anguillule de feuilles de riz, *Aphelenchoides besseyi* Christie 1942." *Agron. trop., Nogent*, **21** (1), 47-55 [English & Spanish summaries p. 55.]
- BARAT, H., DELASSUS, M. & VUONG HUU HAI, 1966b. "Découverte sur la Côte d'Afrique Occidentale et à Madagascar, de la présence d'*Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942, agent du 'white tip' du riz." F.A.O. International Rice Commission Working Party on Rice Production and Protection, Lake Charles, Louisiana, 23-28 July 1966, 11th session.
- BARAT, H., DELASSUS, M. & VUONG HUU HAI, 1969. "The geographical distribution of white tip disease of rice in tropical Africa and Madagascar." In: Peachey, J. E. (Editor) "Nematodes of tropical crops." *Tech. Commun. Commonw. Bur. Helminth.*, No. 40, pp. 269-273.
- BOROVKOVA, A. M., 1967. [*Aphelenchoides besseyi* in U.S.S.R. and means for its control.] In: N. M. Sveshnikova (Editor) [Plant diseases due to nematodes] *Moscow: Izdatel'stvo 'Kolos'*, pp. 153-157. [In Russian: English summary p. 157.]
- CARPENTER, A. J., ALEXANDER, J. V. & CRAWFURD, R. Q., 1967. "The distribution and effect on rice yields of *Aphelenchoides besseyi* in Sierra Leone." *Inter. Rice. Comm. Newsletter*, **16**, (3) 1-6.

- 20 = CHANG, C. K., CHANG, C. W., CHANG, T. M. & FAN, P. Y., 1958. [Preliminary study of the enemy of rice plants, *Aphelenchoides oryzae* Yokoo.] *Chih Ping Chih Shih*, 2, 137-144.
- CHEN, M. J., 1961. "Studies on the *Aphelenchoides besseyi* infecting rice." *J. Agr. Forestry*, 9/10, 103-116.
- CHRISTIE, J. R., 1942. "A description of *Aphelenchoides besseyi* n.sp., the summer-dwarf nematode of strawberries, with comments on the identity of *Aphelenchoides subtenuis* (Cobb, 1929) and *Aphelenchoides hodsoni* Goodey, 1935." *Proc. helminth. Soc. Wash.*, 9 (2), 82-84.
- CRALLEY, E. M., 1949. "White tip of rice." [Abstract.] *Phytopathology*, 39, 5.
- CRALLEY, E. M., 1952. "Control of white tip of rice." *Arkans. Fm Res*, 1 (1), 6.
- CRALLEY, E. M., 1953. "The control of white tip of rice." *Rice Annual*, 1953, 19-20.
- CRALLEY, E. M., 1954. "Controlling white tip of rice." *Arkans. Fm Res.*, 3 (4), 8.
- CRALLEY, E. M., 1956. "A new control measure for white tip." *Arkans. Fm Res.*, 5 (4), 5.
- CRALLEY, E. M., 1957. "The effect of seeding methods on the severity of white tip of rice." [Abstract.] *Phytopathology*, 47, 7.
- CRALLEY, E. M. & ADAIR, C. R., 1949. "Rice disease in Arkansas in 1948." *Pl. Dis. Rptr*, 33, 257-259.
- CRALLEY, E. M. & FRENCH, R. G., 1952. "Studies on the control of white tip of rice." [Abstract.] *Phytopathology*, 42, 6.
- 30 = DASTUR, J. F., 1936. "A nematode disease of rice in the Central Provinces." *Proc. Indian Acad. Sci., Sect. B*, 4, 108-121.
- DROZDOVSKI, E. M., 1967. [Use of the characteristics of embryonal development in the classification of eelworms.] *Trudy gel'mint. Lab.*, 18, 22-29. [In Russian.]
- FERNANDEZ DIAZ SIVEIRA, M., 1967. "Lista de nematodos de Cuba." *Revta Agric., Habana*, 1, 74-88.
- FORTUNER, R., 1970. "On the morphology of *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942 and *A. siddiqii* n.sp. (Nematoda, Aphelenchoidea)." *J. Helminth.*, 44 (2), 141-152.
- FRANKLIN, M. T., 1965. "*Aphelenchoides*." In: Southey, J. F. (Editor), *Plant nematology. Tech. Bull. Minist. Agric. Fish. Fd*, 2nd edit., No. 7, pp. 131-141.
- FUKANO, H., 1962. [Method for the control of "white tip" disease of rice.] *Nogyo Oyobi Engei*, 37, 689-692. [In Japanese.]
- FUKANO, H. & YOKOYAMA, S., 1951. [Studies on "white tip" in rice with particular reference to damage caused and varietal resistance.] *Kyushu agric. Res.*, 8, 88-90. [In Japanese.]
- FUKANO, H. & YOKOYAMA, S., 1952. [Studies on the disinfection of rice seed for the control of "white tip". II. Results obtained from a simplified hot-water treatment.] *Ann. phytopath. Soc. Japan*, 16 (3/4), 141-143. [In Japanese: English summary p. 143.]
- FUKANO, H. & YOKOYAMA, S., 1955. [Study of the damage caused to rice by *Aphelenchoides oryzae*, with special reference to those forms not causing "white tip" symptoms.] *Kyushu agric. Res.*, No. 16, 114. [In Japanese.]
- 40 = FUKANO, H., YOKOYAMA, S. & NISHIZAWA, T., 1953. [The effect of Folidol when used for the control of "white tip" in rice.] *Kyushu agric. Res.*, No. 11, 75-77. [In Japanese.]
- GOMI, M., 1962. ["White tip" disease of rice and methods for its control.] *Nogyo Oyobi Engei*, 37, 1949-1952. [In Japanese.]
- GOMI, M. & NAKAZATO, H., 1962. [Studies on the control of white tip disease of rice plants. IV.] *Proc. Kanto-Tosan Plant Protect. Soc.*, 9, 73. [In Japanese.]
- GOMI, M., NAKAZATO, H. & YOSHIZAWA, S., 1965. [Studies on the control of white tip disease of rice plants. V.] *Proc. Kanto-Tosan Plant Protect. Soc.*, 12, 99. [In Japanese.]

- GOODEY, J. B., 1960. "The classification of the Aphelenchoidea Fuchs, 1937." *Nematologica*, 5, (2), 111-126.
- GOODEY, J. B., FRANKLIN, M. T. & HOOPER, D. J., 1965. "The nematode parasites of plants catalogued under their hosts". *Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux*, 3rd edit., iv + 214 pp.
- GOTO, K. & FUKATSU, R., 1952. [Studies on the "white tip" of rice. I. Ecological observations.] *Proc. Meeting agric. Res. Wkrs. Tokai-Kinki*, 3/4, 28-31. [In Japanese.]
- GOTO, K. & FUKATSU, R., 1952. [Studies on "white tip" of rice caused by *Aphelenchoides oryzae* Yokoo. II. Population and distribution of the nematodes on the infected plants.] *Ann phytopath. Soc. Japan*, 16 (2), 57-60. [In Japanese: English summary p. 60.]
- GOTO, K. & FUKATSU, R., 1956. [Studies on the "white tip" disease of rice. III. Analysis and nature of varietal resistance.] *Bull. natn Inst. agric. Sci., Tokyo, Ser. C.*, No. 6, pp. 123-149. [In Japanese: English summary pp. 147-149.]
- HASHIOKA, Y., 1964. "Nematode diseases of rice in the world." *Riso*, 13 (2), 139-147.
- HIROTA, K. & YAMADA, T., 1958. [Effect of anionic surfactants on nematocides. A study of pesticidal adjuvants. XVI.] *Botyu-Kagaku*, 23 (4), 227-229. [In Japanese: English summary p. 229.]
- HOLTZMANN, O. V., 1968. "A foliar disease of tuberose caused by *Aphelenchoides besseyi*." *Pl. Dis. Repr.*, 52 (1), 56.
- HOOPER, D. J. & MERNY, G., 1966. "Outbreaks and new records: Sierra Leone and Senegal. Two rice nematodes new for Africa." *Pl. Prot. Bull. F.A.O.*, 14 (1), 25-26.
- HUANG, C. S. & HUANG, S. P., 1972. "Bionomics of white-tip nematode, *Aphelenchoides besseyi*, in rice florets and developing grains." *Botan. Bull. Acad. Sinica*, 13, 1-10.
- HUANG, C. S. & HUANG, S. P., 1973. "Effect of dehydration on *Aphelenchoides besseyi*." [Abstract] In: International Congress of Plant Pathology (2nd), Minneapolis, Minnesota, Sept. 5-12, 1973. Abstracts of papers, St. Paul, Minnesota, U.S.A.: American Phytopathological Society Inc., No. 0551.
- HUANG, C. S., HUANG, S. P. & LIN, L. H., 1972, publ. 1973. "The effect of temperature on development and generation periods of *Aphelenchoides besseyi*." *Nematologica*, 18 (4), 432-438.
- HUNG, Y. P., 1959. "White tip disease of rice in Taiwan." *Pl. Prot. Bull. F.A.O.*, 1, 1-6.
- HUNG, Y. P., 1962. "White tip nematode of rice." *Kaohsiung District Agric. Improv. Sta. Bull. Sér No. 6*.
- ICHINOE, M., 1968. "Present status of research on the rice-infesting nematodes in Japan." *Rev. Pl. Prot. Res.*, 1, 26-38.
- INO, M., 1971. [On the water dissemination of *Aphelenchoides besseyi*. III. Nematode infestation of weeds and disease occurrence in a heavily infested area.] *Proc. Kanto-Tosan Plant Protect. Soc.*, 18, 123. [In Japanese.]
- IYATOMI, K. & NISHIZAWA, T., 1954. [Artificial culture of the strawberry nematode, *Aphelenchoides fragariae* and of the "white tip" nematode of rice, *Aphelenchoides besseyi*.] *Jap. J. appl. Ent. Zool.*, 19, 8-15. [In Japanese.]
- JAVOR, L., 1970. "A rizsfonálféreg (*Aphelenchoides besseyi* Christie) hazai felderítésének tapasztalatai." *Növényvédelem*, 6, 259-263.
- JODON, N. E., 1935. "Improving rice varieties." *Bienn. Rep. La Rice Exp. Stn.*, 1933-1934, pp. 15-18.
- JONES, J. W., JENKINS, J. M., WYCHE, R. H. & NELSON, M., 1938. "Rice culture in the southern states." *Fmrs' Bull. U.S. Dept. Agric.*, 1808, 1-29.
- KAFI, A., 1963. "Plant parasitic nematodes in Pakistan," *Tech. Doc. Pl. Prot. Comm. S.E. Asia Pacif. Reg.*, 32, 1-12.

- KAKUTA, T., 1913. [Black grain disease of rice.] *J. Pl. Prot., Tokyo*, **2**, 214-218. [In Japanese.]
- KERMARREC, A. & ANAIS, A., 1973. "Presencia en Guadeloupe de *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942 (Nematoda, Aphelenchoididae) en follaje del mapuey: *Dioscorea trifida* L." *Comm. VI Congr. ONTA, Maracay, Venezuela*, 1-6 Oct. 1973, 11 pp.
- KIMURA, T. & NISHIZAWA, T., 1965. "Ecological and therapeutical studies on the dwarf disease of rice plant. XIV. Relation between the dwarf disease and the white tip disease of rice." *Kyūshū Agric. Res.*, **27**, 124.
- KIRYU, T., NISHIZAWA, T. & YAMAMOTO, S., 1952. [Study of the varietal resistance of rice to "white tip" disease caused by *Aphelenchoides oryzae* Yokoo. I. Tests for evaluating varietal resistance.] *Ann. phytopath. Soc. Japan*, **16**, 6-9. [In Japanese.]
- KIRYU, T., NISHIZAWA, T., MIZUTA, H. & YAMAMOTO, I., 1953. [Studies of rice varieties resistant to "white tip" disease.] *Agr. Hort.*, **28**, 1001-1002.
- 70 KOMORI, N., KAWATA, S. & TAKANO, S., 1963. [Studies for the control of white tip of rice plants.] *Bull. Ibaraki Agr. Expt. Sta.*, **5**, 1-14.
- KONONOVA, M. E. & VINNICHUK, R. I., 1959. [Disinfection of seed rice infested with *Aphelenchoides oryzae* Yokoo.] *Trudy gel'mint. Lab.*, **9**, 130-132. [In Russian.]
- KOSTYUK, N. A., 1967—"The study of anabiosis in some phytohelminths." In: Zuckerman, B. M., Brzeski, M. W. & Deubert, K. H. (Editors), "English translation of selected East European papers in nematology." *East Wareham, Massachusetts: University of Massachusetts*, pp. 7-10.
- KOSUGE, K., 1964. "Disinfection of rice seeds with mercuric compound for the simultaneous control of the white tip nematode and 'Bakanae' disease." *Proc. Kantō-Tōsan Pl Prot. Soc.*, **11**, 108.
- LING, L., 1951. "Review of information on certain diseases of rice. (Report of the 2nd Meeting of the International Rice Commission's Working Party on Rice Breeding, Bogor, Indonesia, April 9-13, 1951.)" *FAO Development Paper. Rome, No. 14* (Agriculture), pp. 54-66.
- LOCASCIO, S. J., SMART, Jr., G. C. & MARVEL, M. E., 1967. "Control of bud nematode on strawberry." *Proc. Fla. hort. Soc., Year 1966*, **79**, 170-175.
- LORDELLO, L. G. E., 1969. "Ocorência do nematoide *Aphelenchoides besseyi* em arroz no Brasil." *Revta Agric., S. Paolo*, **44** (4), 129-131.
- LUC, M., 1960. "Les nématodes et l'introduction de matériel végétal dans l'Ouest Africain." *Rapport Comm. Phytosan. Inter. Afric. 5è. Session, Londres. Sept. 1960*. 17pp.
- MARLATT, R. B., 1966. "*Ficus elastica*; a host of *Aphelenchoides besseyi* in a sub-tropical climate." *Pl. Dis. Reprtr*, **50** (9), 689-691.
- MARLATT, R. B., 1970. "Transmission of *Aphelenchoides besseyi* to *Ficus elastica* leaves via *Sporobolus poiretii* inflorescences." *Phytopathology* **60** (3), 543-544.
- 80 MARLATT, R. B., 1972. "Relationship of disease to methods of inoculation of *Ficus elastica* with *Aphelenchoides besseyi*." *Pl. Dis. Reprtr*, **56** (6), 471-472.
- MARLATT, R. B. & PERRY, V. G., 1971. "Growth stimulation of *Sporobolus poiretii* by *Aphelenchoides besseyi*." *Phytopathology*, **61** (6), 740.
- MARTIN, A. L., 1939. "The effects of magnesium and calcium on 'white tip' of rice." *Am. J. Bot.*, **26**, 846-852.
- MARTIN, A. L. & ALSTATT, G. E., 1940. "Black kernel and white tip of rice." *Bull. Tex. agric. Exp. Stn*, **584**, 1-4.
- MARTIN, W. J. & BIRCHFIELD, W., 1955. "Notes on plant parasitic nematodes in Louisiana." *Pl. Dis. Reprtr*, **39** (1), 3-4.
- MASLENNIKOVA, V. F., 1966. [Nematological fauna of rice in Uzbekistan.] *Zool. Zh.*, **45** (5), 641-645. [In Russian, English summary p. 645.]

- MERNY, G., 1957. "Maladies des plantes cultivées à la station de recherches de la CGOT à Séfa en Casamance." *Agron. trop., Nogent*, **12**, 725-734.
- MERNY, G., 1970. "Les nématodes phytoparasites de rizières inondées de la Côte d'Ivoire. 1. Les espèces observées." *Cah. ORSTOM, Sér. Biol.*, No. 11, pp. 3-43. [English summary p. 4.]
- MONTEIRO, A. R., 1963. "Nematoides em fôlha de morangueiro (nota prévia)." *Revta Agric., S. Paulo*, **38** (4), 196.
- MUNIAPPAN, R. & SESHADRI, A. R., 1964. "On the occurrence of the white tip nematode of rice, *Aphelenchoides besseyi* in Madras State." *Madras Agr. J.* **51**, 510-511.
- MURAKAMI, M., KITOMATSU, K. & KONDO, M., 1964. [Studies on attacks by *Aphelenchoides oryzae* on rice seedlings grown on the box.] *Kyushu Agr. Res.*, **26**, 75. [In Japanese.]
- MURAYAMA, M.; KIYOMATSU, K. & KATO, R., 1963. [Effect of differences in nursery method on occurrence of white tip disease of rice plant.] *Kyushu Agr. Res.*, **25**, 55. [In Japanese.]
- MYERS, R. F., 1967. "Axenic cultivation of *Aphelenchoides sacchari* Hooper." *Proc. helminth. Soc. Wash.*, **34** (2), 251-255.
- NICKLE, W. R., 1970. "A taxonomic review of the genera of the Aphelenchoidea (Fuchs, 1937) Thorne, 1949 (Nematoda: Tylenchida)." *J. Nematol.*, **2** (4), 375-392.
- NISHIZAWA, T., 1953a. [Study of varietal resistance of rice to "senchu shingare byo" disease caused by a nematode. VI.] *Bull. Kyushu agric. Exp. Stn.* **1** (3), 339-349. [In Japanese: English summary p. 349.]
- NISHIZAWA, T., 1953b. [Relationships between the "white tip" disease of rice caused by a nematode and the rotting of rice plant roots.] *Ann. phytopath. Soc. Japan*, **17** (3/4), 137-140. [In Japanese, English summary.]
- NISHIZAWA, T., 1953c. [Folidol used in the prevention of "senchu shingare byo", a disease caused by a nematode in rice.] *Botyu-Kagaku*, **18** (1), 1-6. [In Japanese, English summary.]
- NISHIZAWA, M., 1953d. [Rice varieties resistant to "white tip".] *Nogyo Gijutsu*, **8**, 30-31. [In Japanese.]
- NISHIZAWA, T. & YAMAMOTO, S., 1951- [Study of varietal resistance of rice to "senchu shingare byo" disease, caused by a nematode. II. Tests on the principal varieties and their progeny in Kyushu.] *Kyushu agric. Res.*, No. **8**, pp. 91-92. [In Japanese.]
- NISHIZAWA, T. & YAMAMOTO, S., 1952. [Study of varietal resistance of rice to "senchu shingare byo" disease, caused by a nematode. V. Study of 7 varieties.] *Kyushu agric. Res.*, No. **9**, pp. 11-12. [In Japanese.]
- NISHIZAWA, S., YAMAMOTO, S. & MIZUTA, H., 1951. [Study of varietal resistance of rice to "senchu shingare byo" disease caused by a nematode. IV. Study of high altitude varieties.] *Bull. Kyushu agric. Exp. Stn.*, **1**, 65-67. [In Japanese.]
- NISHIZAWA, T., YAMAMOTO, S. & MIZUTA, H., 1953. [Study of varietal resistance of rice to "senchu shingare byo" disease caused by a nematode. VII.] *Bull. Kyushu agric. Exp. Stn.*, **2**, 71-80. [In Japanese: English summary.]
- NOEGEL, K. A. & PERRY, V. G., 1963. "A foliar disease of chrysanthemum incited by the strawberry summer crimp nematode." *Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla.*, 22nd Annual Meeting (1962), pp. 162-166.
- NONAKA, F. & IWATA, T., 1959. [On the relationship between stem rot caused by *Leptosphaeria salvinii* and the "white tip" disease caused by a nematode, and on the fluctuations in breathing rate and the activity of respiratory enzymes in plants infected with "white tip".] *Sci. Bull. Fac. Agric. Kyushu Univ.*, **17**, 1-8. [In Japanese: English summary.]
- ORSENIGO, M., 1954. "Suscettibilità di varietà italiane di riso alla malattia della 'white tip'." *Annali Fac. Agr. Univ. cattol. S. Cuore, Milano*, **51** (1), 1-7. [English & French summaries, p. 6.]

- ORSENIGO, M., 1955a. "Compartamento di varietà italiane alla malattia "white tip". *Riso, Milan*, 4 (5), 15-17. [English & French summaries p. 17.]
- ORSENIGO, 1955b. "Concimazione potassica e malattie del riso." *Riso, Milan*, 4, 14-16. [English & French summaries.]
- ORSENIGO, M., 1956. "The effect of potassium nutrition of rice on severity of attack by sclerotiniosis (*Leptosphaeria salvinii* Cat. . . .), helminthosporiosis (*Helminthosporium oryzae* Breda de Haan), and by 'white tip' disease (*Aphelenchoides oryzae* Yokoo), present separately or in combination on the same plant." *Potash Review*, subject 23, 17th suite, 1-10.
- PEACHEY, J. E., LARBAY, D. W. & CAIN, S. C., 1966. "White tip disease of rice in Africa." [Text in English & French.] *Helminth. Abstr.*, 35 (4), 337-339.
- POR, F. D., 1968. "The invertebrate zoobenthos of Lake Tiberias: I. Qualitative aspects." *Israel J. Zool.*, 17 (2/3), 51-79.
- PRECIADO CASTILLO, A., 1953. "La enfermedad del arroz llamada punta blanca o white tip of rice." *Campo Tucuba*, Ser. 2, 20 (736), 82, 84, 86.
- RAABE, F. D. & HOLTZMANN, O. V., 1965. "A foliar nematode in hibiscus." *Phytopathology*, 55 (4), 478-479.
- RASOLOFO, R. & RAZAFINDRAINIBE, H., 1968. "Traitement des semences et des plants de riz par voie humide à Madagascar." *Agron. trop.*, Nogent, 23, 876-877.
- RYKER, T. C., 1937. "White tip." *Bienn. Rep. La Rice Exp. Stn*, 1935-1936, p. 14.
- SANWAL, K. C., 1961. "A key to the species of the nematode genus *Aphelenchoides* Fischer, 1894." *Can. J. Zool.*, 39 (2), 143-148.
- SEIKE, Y., 1965. "On the disinfection of the white tip nematode infected rice seeds." *Res. Bull. Ehime. Agric. Exp. Sta.*, 4, 29-32.
- SHER, S. A., 1954. "Observations on plant-parasitic nematodes in Hawaii." *Pl. Dis. Repr.*, 38 (9), 687-689.
- SIDDIQI, M. A., 1970. "White tip and ufra disease of rice." *Plant Pathology Advisory Circular, Ministry of Agriculture and Natural Resources, Malawi*, 4 pp.
- SMITH, H. E. & CRALLEY, E. M., 1953. "Rice diseases." *Rep. Ser. Ark. agric. Exp. Stn*, 198, 1-4.
- SRIVASTAVA, A. S., et al., 1966. "Occurrence of *Aphelenchoides* sp. causing white tip of rice on Taichung Native 1 variety of paddy for the first time in Uttar Pradesh, India." *Labdev. J. Sci. Technol.*, 4 (4), 281-282.
- STROUBE, W. H., 1954. "Control of white tip of rice by seed treatment." *Bienn. Rep. La Rice Exp. Stn*, 1952-1953, 114-115.
- SUDAKOVA, I. M., 1965. [Viability period of *Aphelenchoides besseyi* in a grain of rice.] *Mater. nauch. Konf. vses. Obshch. Gel'mint*, Year 1965, Part 4, pp. 267-271 [In Russian.]
- SUDAKOVA, M. I., 1968. [Effect of temperature on the life-cycle of *Aphelenchoides besseyi*.] *Parazitologiya*, 2 (1), 71-74. [In Russian: English summary p. 74.]
- SUDAKOVA, I. M. & CHERNYAK, E. K., 1967. [Growth rate and body length of a few nematodes cultivated on various fungi.] *Zool. Zh.*, 46 (4), 481-485. [In Russian: English summary p. 485.]
- SUDAKOVA, I. M. & ESIPOV, I. I., 1963. [Duration of the development to typical stages and characteristics of the egg production of *Aphelenchoides besseyi*.] In: [Helminths of man, animals and plants, and their control. Papers on helminthology presented to academician K. I. Skryabin on the occasion of his 85th birthday.] *Moscow: Izdatelstvo Akad. Nauk. SSSR*, 515-519. [In Russian.]
- SUDAKOVA, I. M. & GLUSHENKOV, N. A., 1967. [Prognosis of the damage done by *Aphelenchoides besseyi* in rice-growing areas of the USSR.] In: Sveshnikova, N. M. (Editor) [Nematode diseases of crops.] *Moscow: Izdatelstvo "Kolos"*, pp. 158-164. [In Russian: English summary p. 164.]
- SUDAKOVA, I. M. & MASLENNIKOVA, V. F., 1968. [*Aphelenchoides besseyi* Christie causing white tip disease in rice.] *Mater. nauch. Konf. Obshch. Gel'mint.*

Uzbek, September 1968. Tashkent: Izdat. Akad. Nauk. Uzbek. SSR, pp. 103-105.

[In Russian.]

SUDAKOVA, I. M., MASLENNIKOVA, V. F. & DERGUNOV, I. D., 1964.

[Effect of nitrate fertilizers on *Aphelenchoides besseyi*, responsible for "white tip" disease of rice.] *Zool. Zh.*, 43 (11), 1708-1710. [In Russian: English summary p. 1710.]

SUDAKOVA, I. M. & OLEINIKOVA, T. K., 1965. [Resistance of some rice

varieties to *Aphelenchoides besseyi*.] *Trudy Gel'mint. Lab.*, 16, 140-142. [In Russian.]

SUDAKOVA, I. M. & STOYAKOV, A. V., 1967. [The reproduction and longevity of *Aphelenchoides besseyi*.] *Zool. Zh.*, 46 (7), 1097-1099. [In Russian: English summary p. 1099.]

SVESHNIKOVA, N. M., 1951. [*Aphelenchoides oryzae* Yokoo, a new parasite of

rice] *Trudy Zool. Inst. Akad. Nauk USSR*, 9 (2), 508-511. [In Russian.]

TAKIMOTO, S., 1943. *J. Pl. Protect. Tokio*, 3, 33-109.

TAMURA, I. & KEGASAWA, K., 1957. [Ecological study of the rice nematode *Aphelenchoides besseyi* Christie. I. On the migration of the nematodes from water-soaked seed and effect of water temperature on the migration.] *Jap. J. Ecol.*, 7 (3), 111-114. [In Japanese: English summary pp. 111-112.]

TAMURA, I. & KEGASAWA, K., 1958. [Ecological study of the rice nematode *Aphelenchoides besseyi* Christie. II. On the parasitic capabilities of the rice nematodes and their spread from furrow to furrow.] *Jap. J. Ecol.*, 8 (1), 37-42. [In Japanese: English summary pp. 37-38.]

TAMURA, I. & KEGASAWA, K., 1959a. [Ecological study of the rice nematode *Aphelenchoides besseyi* Christie. III. Description of the damage to rice plants and density of the nematode population on sheathed grains with special reference to the type of sowing bed.] *Jap. J. Ecol.*, 9 (1), 1-4. [In Japanese: English summary p. 1.]

TAMURA, I. & KEGASAWA, K., 1959b. [Ecological study of the rice nematode *Aphelenchoides besseyi* Christie. IV. Injuries to, and nematode population dynamics of sheathed rice grains with special regard to the growing environment of the plant.] *Jap. J. Ecol.*, 9 (2), 65-68. [In Japanese: English summary p. 65.]

TAMURA, I. & KEGASAWA, K., 1959c. [Ecological study of the rice nematode *Aphelenchoides besseyi* Christie. V. Normal growth of rice plants and harvest losses due to the rice nematode.] *Jap. J. Ecol.*, 9 (3), 120-124. [In Japanese: English summary pp. 120-121.]

TANAKA, I., 1959. [Trials with acetyl ester of thiocyanate for the treatment of seed rice against the "white tip" nematode.] *Kyushu agric. Res.*, No. 21, pp. 152-153. [In Japanese.]

TANAKA, I. & UCHIDA, S., 1941. [On the abnormal growth of rice.] *J. Pl. Prot. Tokyo*, 28, 193-200. [In Japanese.]

TAYLOR, A. L., 1966. "Rice parasitic nematodes." *F.A.O. International Rice Commission Working Party on Rice Production and Protection, Lake Charles, Louisiana*, 23-28 July, 1966, 11th session.

TAYLOR, D. P., 1972. "Distribution and magnitude of *Aphelenchoides besseyi* infestation in rice in East Africa." [Abstract] In: International Symposium of Nematology (11th), European Society of Nematologists, Reading, UK, 3-8 Sept., 1972. Abstracts, pp. 74-75.

TAYLOR, D. P., NGUNDO, B. W. & OTHIENO, S. M., 1972. "Outbreaks and new records. Tanzania: Rice white tip nematode." *F.A.O. Pl. Protect. Bull.*, 20 (2), 41-42.

TEMPLETON, G. E., JOHNSTON, T. H. & DANIEL, J. T., 1971. "Benomyl controls rice white tip disease." *Phytopathology* 61 (12), 1522-1523.

TERRY, E. R., 1972. "The incidence of the rice 'white tip' nematode in Sierra Leone. A preliminary study." *Njala Univ. Coll., Sierra Leone* 2, 11 pp.

- THORNE, G., 1961. Principles of Nematology. New York: McGraw-Hill Book Co. Inc., pp. 419-423.
- TIKHONOVA, L. V., 1960. On the nematode fauna of cereals in Central Asia. *Nauch. issled. po zashch. rast. Tashkent.* [In Russian].
- TIKHONOVA, L. V., 1966a. [*Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942 (Nematoda, Aphelenchoididae) on rice and method of control.] *Zool. Zh.*, 45 (12), 1759-1766. [In Russian: English summary p. 1766.]
- TIKHONOVA, L., 1966b. [A dangerous parasite.] *Zashch. Rast. Vredit. Bolez.* No. 6, pp. 18-19. [In Russian.]
- TIKHONOVA, L. V., 1966c. [Bioecology of the agent responsible for "white tip" disease of rice: *Aphelenchoides besseyi*.] *Vest. sel'-khoz. Nauki Alma-Ata*, 2, 45-47. [In Russian.]
- TIKHONOVA, L. V., 1967a. [Biological basis of the control of *Aphelenchoides* in rice.] *Byull. vses. Inst. Gel'mint. K.I. Skryabina*, No. 1, pp. 115-117. [In Russian: English summary p. 117.]
- TIKHONOVA, L. V., 1967b. [A method for culturing *Aphelenchoides besseyi* on artificial media.] *Byull. vses. Inst. Gel'mint. K.I. Skryabina*, No. 1, pp. 118-122. [In Russian: English summary p. 122.]
- TIKHONOVA, L. V., 1967c. [Method of mass reproduction of *Aphelenchoides* of rice on artificial media.] *Mater. nauch. Konf. vses. Obshch. Gel'mint.*, Year 1966, Part 5, pp. 332-334. [In Russian.]
- TIKHONOVA, L. V. & BOROVKOV, E. A., 1969. [*Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942 in Tadzhikistan.] *Mater. nauch. Konf. vses. Obshch. Gel'mint.*, Year 1969, Part 1, pp. 292-295. [In Russian.]
- TIMM, R. W., 1955. "The occurrence of *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942 in deep water paddy of East Pakistan." *Pakist. J. Sci.*, 7 (1), 47-49.
- TIMM, R. W., 1965. "A preliminary survey of the plant parasitic nematodes of Thailand and the Philippines." *Bangkok: South-East Asian Treaty Organization*, 71 pp.
- TIMM, R. W. & AMEEN, M., 1960. "Nematodes associated with commercial crops in East Pakistan." *Agriculture Pakist.*, 11 (3), 355-363.
- TODD, E. H., 1952. "Further studies on the white tip disease of rice." [Abstract.] *Proc. Ass. sth agric. Wkrs*, 49th Annual Convention (1952), p. 141.
- TODD, E. H. & ATKINS, J. G., 1952. "Laboratory culture of the rice white tip nematode, and inoculation studies." [Abstract.] *Phytopathology*, 42 (1), 21.
- TODD, E. H. & ATKINS, J. G., 1958. "White tip disease of rice. I. Symptoms, laboratory culture of nematodes, and pathogenicity tests." *Phytopathology*, 48 (11), 632-637.
- TODD, E. H. & ATKINS, J. G., 1959. "White tip disease of rice. II. Seed treatment studies." *Phytopathology*, 49 (4), 184-188.
- TORREALBA, P. A., 1968. "Taxonomic and biological observations on some nematode genera." *Diss. Abstr.*, 28 (8), 3132.
- TRUJILLO, E. E., 1968. "Diseases of tuberose in Hawaii." *Circ. coop. Ext. Serv. Univ. Hawaii*, No. 427, 13 pp.
- TULLIS, E. C., 1940. "Diseases of rice." *Fmrs' Bull. U.S. Dept. Agric.*, No. 1854, 1-16.
- TULLIS, E. C., 1951. "Control of the seed-borne nematode of rice by fumigation with methyl bromide." *Prog. Rep. Tex. agric. Exp. Stn*, No. 1413, 4 pp.
- TULLIS, E. C. & CRALLEY, E. M., 1936. "Chlorosis of rice induced by iron deficiency." *Phytopathology*, 26, 111.
- UEBAYASHI, Y. & IMAMURA, S., 1972. [Dispersal of white tip nematode, *Aphelenchoides besseyi*, in a rice paddy.] *Jap. J. Nematol.*, 1, 22-24.
- VUONG HUU HAI, 1966. "Méthode d'extraction des nématodes des graines de riz." [Method for the extraction of nematodes from rice seed.] *F.A.O. International Rice Commission Working Party on Rice Production and Protection, Lake Charles, Louisiana*, pp. 23-26, July 1966, 11th session.

- VUONG, H. H., 1969. "The occurrence in Madagascar of the rice nematodes, *Aphelenchoides besseyi* and *Ditylenchus angustus*." In: Peachey, J. E. (Editor), "Nematodes of tropical crops". *Tech. Comm. Comw. Bur. Helminth.*, No. 40, pp. 274-288.
- VUONG HUU HAI, 1970. [The use of thiabendazole in the treatment of rice seedlings against *Aphelenchoides besseyi*, a pest of rice in Madagascar.] "Utilisation du thiabendazole dans les traitements des semences du riz contre *Aphelenchoides besseyi*, nématode parasite du riz à Madagascar." [Abstract.] *International Congress of Plant Protection* (7th), Paris, Sept. 21-25, 1970. Summaries of papers p. 191. [In French.]
- VUONG HUU HAI, 1970. "Researches on disease prevention against two rice nematodes in Malagasy Republic: *Aphelenchoides besseyi* Christie 1942 and *Ditylenchus angustus* (Butler 1913), Filipjev 1936." [Abstract.] *International Nematology Symposium* (10th), *European Society of Nematologists*, Pescara, 8-13 Sept., 1970. Summaries pp. 188-189. [Also in French, German and Italian.]
- 170 = VUONG HUU HAI & RABARJOELA, P., 1968. "Note préliminaire sur la présence des nématodes parasites du riz à Madagascar: *Aphelenchoides besseyi* Christie 1942, *Ditylenchus angustus* (Butler 1913) Filipjev 1936." *Agron. trop.*, Nogent, 23(10), 1025-1048. [English & Spanish summaries pp. 1047-1048.]
- VUONG HUU HAI & RODRIGUEZ, H., 1970. "Lutte contre les nématodes du riz à Madagascar (résultats d'expérimentation 1968-1969)." *Agron. trop.*, 25 (1), 52-66. [English & Spanish summaries.]
- VUONG HUU HAI & RODRIGUEZ, H., 1972. "Chemical control of rice nematodes in Madagascar." [Abstract.] In: *International Symposium of Nematology* (11th), *European Society of Nematologists*, Reading, UK, 3-8 Sept. 1972. Abstracts, pp. 78-79. [also in French.]
- YAMADA, H., 1954. [Disinfection of rice seed, with special attention to "white tip" disease.] *Agr. Hort.*, 29, 499-502. [In Japanese.]
- YAMADA, W. & SHIOMI, T., 1950. "Studies on the rice white tip disease. I. Its distribution, symptoms and cause." *Special Bulletin, Okayama Prefecture Agriculture Experiment Station*, No. 46, pp. 15-28.
- YAMADA, W. & SHIOMI, T., 1950. "Studies on the rice white tip disease. II. Disease control with special reference to rice seed disinfection." *Special Bulletin, Okayama Prefecture Agricultural Experiment Station*, No. 47, pp. 1-8.
- YAMADA, W., SHIOMI, T. & YAMAMOTO, H., 1953. [Studies on the "white tip" disease of rice. III. Hibernation of the causal nematode, varietal resistance of rice plants to the disease and effect of rice culture upon disease occurrence.] *Special Bulletin, Okayama Prefecture Agricultural Experiment Station*, No. 48, pp. 27-36. [In Japanese: English summary p. 36.]
- YAMAMOTO, S. & YOSHII, H., 1950. "Ear-blight of Italian millet and its causal nematode." *Ann. Phytopath. Soc. Japan*, 14, 81-83.
- YASU, M., 1968. "Disinfection of rice seeds." *Japan agric. Res. Q.*, 3 (2), 6-9.
- YOKOO, T., 1948. [*Aphelenchoides oryzae* n.sp., parasitic nematode of rice.] *Ann. Phytopath. Soc. Japan*, 13 (1/2), 40-43. [In Japanese.]
- 80 = YOSHIDA, S. & YOKOYAMA, S., 1965. [Phytotoxicity of REE emulsion as seed disinfectant for the control of rice white tip disease.] *Proc. Assoc. Pl. Protect. Kyushu*, 11, 21-23. [In Japanese.]
- YOSHII, H., 1944. *J. agric. Hort.*, 19, 981. [In Japanese.]
- YOSHII, H., 1946. "Studies on the rice nematode." *Rep. Lab. Pl. Path. Kyushu Univ.*, 1945.
- YOSHII, H., 1951a. [Ecology and control of "white tip" disease of rice.] *Agr. Hort.*, 26, 23-26. [In Japanese.]
- YOSHII, H., 1951b. [Growth and yield of rice plants affected by *Aphelenchoides oryzae*.] *Sci. Bull. Fac. Agric. Kyushu Univ.*, 12 (2), 133-141. [In Japanese: English summary pp. 140-141.]

- YOSHII, H., 1965. [Rice infected with *Aphelenchoides oryzae*.] *Ann. Phytopath. Soc. Japan*, **31**, 254-260. [In Japanese: English summary.]
- YOSHII, H. & YAMAMOTO, S., 1950a. "A rice nematode disease, 'Senchû Shingare byô'. I. Symptoms and pathogenic nematode." *J. Fac. Agric. Kyushu Univ.*, **9** (3), 209-222.
- YOSHII, H. & YAMAMOTO, S., 1950b. "A rice nematode disease, 'Senchû Shingare byô'. II. Hibernation of *Aphelenchoides oryzae*." *J. Fac. Agric. Kyushu Univ.*, **9** (3), 223-233.
- YOSHII, H. & YAMAMOTO, S., 1950c. "A rice nematode disease, 'Senchû Shingare byô'. III. Infection course of the present disease." *J. Fac. Agric. Kyushu Univ.*, **9** (4), 287-292.
- YOSHII, H. & YAMAMOTO, S., 1950d. "A rice nematode disease, 'Senchû Shingare byô'. IV. Prevention of the present disease." *J. Fac. Agric. Kyushu Univ.*, **9** (4), 293-310.
- 130 - YOSHII, H. & YAMAMOTO, S., 1951. [Some methods for the control of nematode disease of rice.] *Sci. Bull. Fac. Agric. Kyushu Univ.*, **12** (2), 123-131. [In Japanese: English summary p. 131.]