稻線蟲心枯病に關する研究

第 2 報 稻體上の線蟲數と分布

後藤 和夫*・深津 量榮*

GOTO, K. and R. FUKATSU. Studies on white tip of rice plant
caused by *Aphelenchoides oryzae* YOKOO

II. Number and distribution of the nematode on the affected plants.

著者等は嚙に本病の被害解析 (1950-a) 及び防除 (1950-b) に就て報告したが、その後稻體上の線蟲の數と分布を生育期を遡つて調査をしたので茲にその結果を報告する。

生育中の稻體上の線蟲の分布については吉井 (1946) は初期にはその發見困難であり、幼穗形成期には幼穗外域の毛茸間、花頸表面に見られ、又花頸内部に侵入するものも多いが、組織内には侵入しないと述べた。又深野・横山 (1949) は分蘗期において葉鞘間に、且つ水面より上の部分に多く發見している。杉山・望月 (1949) は幼穗形成時には未展開心葉の上方にいたとした。穂孕期では吉井 (1944) はその一部のものが葉内側面に附着すると云い、杉山・望月 (1949) は未だ莖中にある止葉の葉舌部上方に發見してゐる。出穂後においては深野・横山 (1947) はなお花頸の表面に多數の線蟲が存在し、開花時にその大部分のものが花頸内に侵入するものと推定した。*葉に就ては深野・横山 (1948)、吉井 (1949)、及び吉井・山本 (1950) 等は蟲數は少いが存在を認めてゐる。種籾では既に田中・内田 (1941)、深野・横山 (1948)、杉山・望月 (1949)、吉井 (1949)、山田・鹽見 (1949)、及び吉井・山本 (1950) 等は何れも線蟲が玄米と籾殻の間にあつて、玄米表面より籾殻裏面附着が多いことを報告し、籾表面には吉井及び吉井・山本の外はこれを検出してゐない。深野・横山は籾粒の内でも大きなものに蟲數が多く、小さいものは少く、粃では格段に少いと述べ、吉井・山本も粃は精籾に比べて少いとした。

1. 材料及び方法

材料は 1949 年津市外片田村現地試験田の慣行栽培區の旭 1 號 (5 月 10 日播種、6 月 20 日植付) を用いた。

線蟲數の調査には籾或は稻の小片をスライド上の水滴中で分解しながら、又大きな材料では 2 cm 毎の切斷片を水を入れた小型肉池中 (徑約 1.5 cm) で分解し

ながら泳出する線蟲を數へた。又一穗の總線蟲數は全籾を穎と玄米に分離し、これをシャーレ中の一定量の水 (20~25 cc) 中に入れよく攪拌し、1~2 時間後再び攪拌しながら 1 cc の水をピペットで採り、スライド上に滴下して計數する。これを 3~5 回繰返して原液中の線蟲數に換算した。又穂孕期の穎内線蟲の調査には、種の略中央部分を葉鞘の上から 2 cm の長さに取り、葉鞘、幼穎花、枝梗を丁寧に分離し、水中で各部から泳出する線蟲數を調べる。幼穎花に就ては表面附着の線蟲が、略全部水中に游出したと思われる頃一應計數し、後流水で良く洗い附着線蟲を除き更に穎を分解し新に泳出する線蟲を調べて穎内在蟲數とした。

なお生育中の稻の中の線蟲は水に入れると直ちに活動し初めて水中に游出し、成熟後間もない若い籾では 1~2 時間で全部が游出して来る。然し越年した籾の中の線蟲は浸水直後は運動が鈍重であつて玄米表面からでも穎内面からでも暫くは泳ぎ出ない。杉山・望月 (1949) は浸水後 2 日でもなお新に泳出するのを見ている。然しこの場合も温度さえ充分に與えてやれば 1 日後の調査で充分のようである。

2. 成績及び論議

(1) 稻體上の線蟲の分布の推移

(a) 發芽直後 (5 月 20 日): 約 80% 在蟲の種籾の發芽直後の個體 (長さ約 2 cm, 展開葉なし) で基部の種籾内で 1~7 頭 (苗個體で 5/20) の線蟲を見出した。然し芽の部分からは内外共に 1 頭も見出し得なかつた。

(b) 植付直前 (6 月 20 日): 20 個體を生長點より 2 cm 毎に切斷して調査したが、莖葉部 (本葉 6~7 枚) から又基部に附着する籾殻からも線蟲は見出せなかつた。同様の調査は 1950 年にも繰返されたがやはり陰性に終つた。吉井 (1946) もこの時期には發見困難と記している。この時期には未だ葉に病徴は見られないから調査された總ての個體が確かに在蟲種籾から生育したものであつたか否かは一應疑われる。然し

* 農林省東海近畿農業試験場栽培部

供試種籾の在蟲率は 80 餘%であつた處から見て、若し線蟲が多數いるとすれば、調査個體の略 8 割に蟲を検出出来るものである。なおこの種籾から生育した稻は後に 5 割弱が發病を示したに過ぎなかつた。

(c) 分蘗期 (7 月 21 日): 籾 4 個體 (29 莖) につき調査した結果、その内 17 莖に線蟲を検出し、線

線 蟲 數 Number of the nematode
第 1 圖 稻の生育期と稻體上の線蟲分布 I
Figure I. Distribution of the nematode on the rice plant at various growing stages I.
A. 分蘗期 Tillering stage. B. 幼穗形成期 Stage of production of rudimentary ears. C. 穂孕前期 Stage of development of rudimentary ears. D. 穂孕期 Stage of booting.

蟲は最高位の葉鞘内側かあるいは未だ抽出しない捲葉の内部腔所に存在した。外部の葉鞘からは見られない。未展開心葉でも抽出部からは見られず、又展開葉からも生長點以下の節部からも見られない。

次に垂直的分布状況を見るに (第 1 圖 A 参照) 線蟲が最も澤山見られたのは生長點から 2~4 cm の間で平均 3 頭、次は 4~6 cm 間で 2.8 頭、6~8 cm 1.8 頭、0~2 cm 1.2 頭等である。8 cm 以上では急激に減少し、14 cm 以上では見られない。而してこの時期には平均水位は莖端より 8 cm 以上であつたから最も線蟲の多い部分は平均水位より低い譯である。かく線蟲が抽出した最高葉鞘内に分布すること及び稻體の水面下に多く分布すること等は深野・横山 (1949) の記述と異つている。

著者等 (1950-a) は穂に葉先に病徴が現われる時期から見て當地方では病原線蟲の活動は幼穗形成期前 1~2 旬頃から活発になるのだらうと推定したが、之は線蟲がこの時期から多くなつた事とよく吻合する。

(d) 幼穗形成期 (8 月 15 日): 葉に病徴を示す 3 個體を前期同様に調査。この時期は幼穂は 3~5 mm

に伸長し、線蟲は幼穂上方の腔所あるいは未展開心葉の内側に在る。杉山・望月 (1949) も同様な觀察をしている。

この頃では線蟲の垂直分布は相當廣い (第 1 圖 B)。最も多い部分は幼穂より 12~14 cm 間でこれより上方へは急激に減少し、下方には漸減し幼穂上 4 cm 間には見られない。この時期で特に注目を惹いたのは、半抽出心葉の葉舌部直上 (恐らく抽出する葉の生長部) に線蟲が多い事で、線蟲は此處から巻いている葉節を通つて内部の幼葉に到達するものと想像される。抽出後の被害部には病原線蟲は普通存在しないけれども、約 10 cm 抽出しその先端約 4 cm が黄白化していたある未展開葉の病斑部から 18 頭の線蟲を見た例がある。吉井 (1944) も稀にはかかる事があるを示唆している。展開葉の病斑部からは線蟲を見る事は出来なかつた。

(e) 穂孕前 (出穂前 10 日, 8 月 25 日): 穂が 5~6 cm に伸長すると線蟲は穂を圍む止葉の葉鞘の内側のみ見られ、垂直的にはその大部分 (約 80%) は幼穂の長さの範囲内にあり (第 1 圖 C)、穂から遠ざかるにつれて急激に減少し、穂の先端から 6 cm 以上になると見られない。これを幼穗形成期 (8 月 15 日) の分布 (第 1 圖 B) に比較すると、線蟲が穂に向つて集つて來たのか、あるいは穂が蟲數の多い所へ伸びて來たとか何れにしても幼穂と線蟲が關係を持つて來た事を示す。

さてこの時期における別の材料 (4 穂) で線蟲の遠心的分布を見ると (第 2 圖 C)、幼穂特に穎から遊ぎ出る線蟲が格段に多く 63%, 同枝梗部に附着するもの 9%, 止葉々鞘裏面に附着するもの 28% である。この結果から線蟲は穂に向つて誘引せられるように思われる。

(f) 穂孕期 (8 月 30 日): 發病 3 個體を調査し 19 莖中 16 莖に線蟲を検出した。穂の長さは約 12 cm で、線蟲は垂直的には穂のある範圍以外からは見られない。且つ穂の中央部に多く先あるいは基部では少い (第 1 圖 D)。

次に遠心的分布を葉に病徴を示している 5 莖に就て見ると第 2 圖 D の如く穂に附着するものが大多數で既に 12% が穎内に在り、穎表面 70%, 枝梗部 4% で合計 86% に達し、止葉々鞘の裏面に附着するのは 14% に過ぎない。そして止葉々鞘外にはこの材料のみでなく他の多くの場合にも線蟲は見られなかつた。線蟲の幼穎花侵入については吉井 (1944) も幼穂

形成期以後は時として見られるといっている。

(g) 出穂直後（出穂當日，開花前，9月5日）： 發病5莖調査。出穂に當り線蟲は穂と共に大部分が葉

第2圖 稻の生育期と稻體上の線蟲分布 II

Figure 2. Distribution of the nematode on the rice plant at various growing stages II.

1. 止葉々鞘内面 Interior surface of flag leaf sheathes. 2. 穎表面 Surface of glumes. 3. 枝梗 Surface of branches of the rachis. 4. 穎内 In glumes.

C. Stage of development of rudimentary ears. D. Stage of booting. E. Stage of pre-flowering, after earing. F. Stage of post-flowering. G. Stage of mature grains.

鞘外に出て了うが止葉々鞘の上部になお数頭の線蟲が残つているのが見られた（1, 4, 7頭）。山本・吉井も粟不稔病で同様の事をいつている。この時期にも穂及び止葉々鞘内以外からは線蟲は見られなかつた。

穂の部分での分布を葉に病徴を現わしている4本の葉の穂の下から第4の枝梗について調査した處、穎内に在るもの33%，花穎表面が12%，枝梗部5%であつた（第2圖E）。即ち出穂期迄には既に約1/3の線蟲が穎内に侵入している。

(h) 開花後（9月11日）：前期に調査した穂の下から第5の枝梗に就て調査した結果、穎内在蟲数は83%の多きに達し、穎表面に15%，枝梗部からは僅か2%検出された（第2圖F）。この時期における穎内在蟲率が開花前（出穂直後）に比し格段に増しているのは穎表面附着の線蟲が開花中に穎内に侵入したためか、逆にこれ等が雨風によつて流失したためか、あるいは出穂時既に侵入していた線蟲が出穂後6日間に増殖したためかの何れかと考えられる。今開花前と第1表 開花前と開花後における穎表面及び内部の線蟲頭数の増減

	穎表面	穎内	計
開花前	2.0	1.1	3.1
開花後	0.8	4.3	5.1
差引増	-1.2	3.2	2.0

及び内部の線蟲数を1粒當て比較すると第1表の通りである。即ち穎表面では1.2頭減少（1%有意）に對し内面では3.2頭増加（1%

有意）となつてゐる。結局1粒當では2.0頭の増加（1%有意）となる。穎内面での増加3.2頭は穎表面で減少した1.2頭が開花時に總て侵入したと考へてもなお2頭足りない。この2頭は實驗誤差でなければ内面で増殖したものであろう。この時期の線蟲の動向については深野・横山（1947）は開花時にその多くのものが穎の内部に侵入するものと考えた。然し前述の成績から見て、開花期の穎内侵入も行われるかも知れないが又一方この時期に穎花内部で増殖するものも少なくないと推察される。

(i) 完熟後（11月5日）：收穫後の葉には線蟲が見出された例がある（深野・横山 1948, 吉井 1949, 吉井・山本 1950）が、發病5莖について調査した結果、完熟後では穂以外には線蟲は認められなかつた。穂でも穎表面や枝梗部からは見られない。籾上の線蟲は内部にのみ存し、その大部分（88%）は籾殻の裏に附着し（50粒調査）、これは既往諸家の研究と一致している。又吉井（1946）は病原線蟲が組織内に侵入することはないとしたが、この調査でも玄米内には見られなかつた。

(2) 葉の病徴發現と線蟲數との關係

著者等（1950-a）は穂に籾内に線蟲が存在しても葉に病徴を現わさない莖がある事を知り、これを潜在莖と呼んだ。今後葉に病徴を示すものを發病莖と呼び、發病、潜在を總稱して罹病莖と呼ぶことにする。8月15日の材料で1個體中の一次分蘖莖に就き、發病、潜在各3莖宛で1莖當線蟲數を比較した處、前者の59頭に對し、後者は5頭で略1/8に當る。又成熟期の主稈の穂で兩者を比較した處、やはり潜在莖の線蟲數は發病莖の略1/10に過ぎなかつた。これ等から見て葉先に病徴が現われるためには相當多數の線蟲の加害が必要の如くである。而して農林8號及び旭1號を用いて調査した處、當地方の材料では發病莖數と潜在莖數との比は農林8號では10/7, 旭1號では36/26で潜在莖は約1.4倍に相當する。

次に主稈を用い發病莖數とその莖の穂の在蟲數との關係を調べた處（第2表）、發病莖數の多い莖ほど線蟲數は多い。又同じく1葉發病の莖でも、第2葉發病の莖の穂に對し止葉のみ發病している莖に格段に多い。止葉では全體が黃化萎縮し全然同化作用を営んでいないと思われる病徴を示す事があるが、この莖と止葉の先枯（ホタルイモチ狀）の莖との比較では穂中の線蟲數は大差ないかあるいは前者が幾分多い傾向にあつた。このように發病莖數の多いという事は、早期か

ら多数の線蟲の加害を受けた事を示すものである。

(3) 葉位と線蟲數

本病もまた主稈の發病率が最も高く一次、二次莖と減少する(著者 1950-a)。葉位と在蟲數との關係を未だ葉に病徴を現わしていない分蘗期において比較すると(第3表)主稈が最も多い。これは主稈は早くから

第2表 發病葉數と1穗線蟲數(主稈)

發病葉位	止, 2, 3, 4	止, 2, 3	止, 2	止	2	なし(潜在)
線蟲數	1435	1156	1023	963	752	117
比率	100	81	71	67	52	8

第3表 分蘗期における葉位と線蟲數

葉位	調査數	在蟲莖數	在蟲莖率	在蟲1莖當線蟲數
主稈	4	4	100%	20
一次	14	12	86	9
二次	11	3	27	6

存在するため線蟲の侵入を受ける機會が分蘗莖に比べて多い事に起因するものであろう。又成熟期に止葉のみ發病している莖の10穗宛で比べた處、1穗線蟲數は主稈963頭、一次824頭、二次755頭で主稈に最も多い。もつともこの場合1粒當密度では全く逆の傾向を示した。

(4) 穂における線蟲の分布

發病55莖の穂の先、中、基部から各3粒宛計各165粒宛を調査した處、穂の上部の籾には少く(1粒當8.5頭)、中央部(10.1頭)が最も多く、基部(9.6頭)はこれに次ぐ傾向を見た。山本・吉井(1950)も粟不稔病で同様の事をいつている。一方收穫された種籾30粒宛を比較した結果深野・横山(1948)の述べた如く大籾に線蟲數多く、小籾では少く、秕では更に少かつた。それで穂に就て各籾の線蟲數を調べた處一次あるいは二次の枝梗上何れの場合におても先端部、あるいはこれに近い籾に線蟲數が多い傾向にある。この部分の籾は一般に稔實が良く比較的大きいから穂中央部が多い事と大籾に多い事とは必ずしも矛盾しない。

参考文献

(1) 深野, 横山(1947), 第14回九州病害蟲研究會講演(吉井 1949-b による)。(2) —, —(1948), 九州農事試験研究發表會講演要旨, 2: 20。(3) —, —(1949), 同上, 4: 5~7。(4) 後藤, 深津(1950-a), 日植病會報, 14: 98。(5) —, —(1950-b), 東海近畿農試研究發表會講演要旨(昭和25年3月講演, 印刷中)。(6) 杉山, 望月(1949), 昭和23年度稻作主要害蟲(稻心枯線蟲)の研究, 農試北陸支場, (謄寫)。(7) 田中, 内田(1941), 病蟲雜, 28: 193~200。(8) 山田, 鹽見(1949), 廣島農業特別報告 2: 81。(9) 山本, 吉井(1950), 日植病會報, 14: 81~83。(10) 横尾(1948), 同上, 13: 40~43。(11) 吉井(1944), 農及園, 19: 981~982。

(12) — (1946), 昭和20年度農林省委託研究(稻線蟲心枯病)成績概要, 九大農植病。(13) — (1949-a), 農藥, 3: 13~19。(14) — (1949-b), 九州農事試験研究發表會講演要旨, 5: 73~80。(15) YOSHII, H., YAMAMOTO, S. (1950), Journ. of the Faculty of Agriculture, Kyusyu Univ., 9: 223~233。

Conclusion and Summary

(1) Number and distribution of the nematode (*Aphelenchoides oryzae* YOKOO) were examined in relation to white tip of rice plants. On germinating the nematode fewer in number is found remaining in the seeds, but it could not be found any on the part of buds. On the seedlings just to be transplanted (6 to 7 leaf stages), the nematode could not be detected. In the tillering stage in the paddy field, the nematode exists in the cavity above the growing tip of the rudimentary culm, or on the young leaf surrounded by the innermost leaf sheath (Fig. 1). In accompany with the growth of rice plant, distribution of the nematode shifts towards the upper part of the larger rolled leaf which is still enclosed completely in the sheath. At the latest part of the tillering stage and thereafter, the nematode becomes to increase rapidly in number.

(2) When the young ear develops to 5-6 cm in length, the nematode shows a tendency to assemble on the ear. At the stage of booting, this tendency becomes more apparent. The nematode distributes mostly sticking on the ear, and a certain percent of it enters into the pre-flowering glumes (Fig. 2). At earing the majority of the nematode comes to outside of the leaf sheath in accompany with the ear. At this stage and a while thereafter before flowering, the nematode exists mostly outside the glumes sticking on the surface, though the percentage in the glumes slightly increasing. The ratio of the outside nematode decreases suddenly during the period of flowering (about 6 days). This suggests the entering of the outside nematode into the glumes. However, detailed comparison of the number of the nematode between pre- and post-flowering stages reveals that a rapid increase in the glumes is a more important factor. Soon after the earing, a small number of the nematode is found remained inside the flag-leaf sheath, but thereafter it is confirmed rarely outside the unhulled grain.

(3) As a rule the more the white-tipped leaves per stem the more is the nematode detected. The nematode can also be detected frequently on apparently healthy stems (carrying stems) in affected fields. Its number is markedly less (about 1/8-1/10) as compared with that of the stems bearing white-tipped leaves. On the basis of detailed observations, the number of the "carrying stems" reaches to about 1.4 times of the stems bearing with white-tipped leaves.

(4) The main (seminal) stem is invaded more frequently than the tillers. The number of the nematode is numerous on the former, even when the white tip symptom was equal in grade. As regards the position of grains on an ear, the nematode distributes slightly dense at the middle, followed by the lower part, and the terminal part is slightly sparse. In regard to the size of a grain, the larger one contains usually more of the nematode. It is remarkably decreased in empty unhulled grains.

(5) The rice plants developed from nematode-carrying seed grains grow up sometimes as carrying or no-nematode stems. (Tokai-Kinki National Agr. Exp. Station. Ishinden, Pref. Mie)