

植物
防疫
講座

虫害編-15
イネシンガレセンチュウの発生生態，
調査法および防除法

広島県立総合技術研究所農業技術センター ほしの野 しげる 滋

はじめに

イネシンガレセンチュウ *Aphelenchoides besseyi* Christie (以下、シンガレ) はイネにイネ心枯線虫病を引き起こす線虫である。この線虫がイネに感染すると、イネの分けつ末期から穂ばらみ期ごろに葉の先端の白変という病徴を示す(吉井, 1965)。この症状を「ほたるいもち」と呼ぶ。我が国におけるイネ心枯線虫病は、角田(1915)によって熊本県で初めて発見された。

シンガレは日本以外にも世界の水稻作地帯に広く発生している。アジアではバングラディシュ、インド、インドネシア、フィリピン、スリランカ (FEAKIN, 1970)、ヨーロッパではイタリア、ハンガリー、旧ソビエト連邦 (VUONG, 1969; FEAKIN, 1970; FOURTUNER and WILLIAMS, 1975)、アフリカでは、カメルーン、ケニア、マダガスカル、ナイジェリア、セネガル、シエラレオネを含む20か国 (BARAT et al., 1969; VUONG, 1969)、オセアニアではオーストラリア (FEAKIN, 1970)、北米中米では米国、メキシコ、キューバ、エルサルバドル (TODD and ATKINS, 1958; FEAKIN, 1970) で発生している。

I 形態

水久保(2006)によると、シンガレ雌成虫の体長は0.57 mm~0.84 mm (平均0.68 mm)、雄成虫は0.53 mm~0.61 mm (平均0.57 mm) である(図-1)。シンガレ雌成虫のa値^{注1)}は39~53 (平均47.7)、b値^{注2)}は9.2~13.1 (平均11.5)、c値^{注3)}は13.8~20.4 (平均17.7)、V値^{注4)}は68.7~73.6 (平均71.2) である。雄成虫のa値は40.7~46.9 (平均44.4)、b値は8.9~10.7 (平均9.52)、c値は16~20 (平均18)、T値^{注5)}は28~52 (平均40.6) である。唇部形態は唇部側線が張出し、それに続く食道部の体幅より広く、そのため、唇部は食道部からくびれる。口針は大変細く、口針基部の口針節球の発達は微小



♀ ♂
図-1 イネシンガレセンチュウ

である。側帯の幅は体幅の1/4程度である。尾端の形状は細く突き出した突起上に3~4本の刺を生じる。雄の交接刺はバラの刺に似た形で頑丈な構造をしている。

II 生活環

シンガレには卵、1期幼虫、2期幼虫、3期幼虫、4期幼虫、成虫というステージがある。2期幼虫以降のステージのシンガレが植物に侵入する。

出穂期に穎花に入ったシンガレは、25℃では約10日間の短い世代時間で増殖を繰り返す。胚乳が乾燥するとともに、シンガレも無水状態になり、乾燥状態で成虫または4期幼虫で存在するようになる (HUANG and HUANG, 1972; HUANG et al., 1972; HUANG and CHIANG, 1975; NANDAKUMAR et al., 1975; HOLLIS and KEOBOONRUENG, 1984; 千代西尾・中澤, 1988)。

シンガレのイネ収穫後から翌年の夏までの生存率は高く(深野, 1962)、さらに、種子を3年間保存した後でも、シンガレは高い生存率を維持している (YOSHII and

Ecology, Sampling, Extraction Procedures and Control Method of White Tip Nematode *Aphelenchoides besseyi*. By Shigeru HOSHINO (キーワード: イネシンガレセンチュウ, 分離法, 比重選, 防除)

注1) a 値 体長÷最大体幅。
注2) b 値 体長÷頭端(唇部前縁)から食道腸間弁までの距離。
注3) c 値 体長÷尾長。
注4) V 値 頭端から陰門までの距離の体長に対する百分率。
注5) T 値 精巢全長の体長に対する百分率。

YAMAMOTO, 1950)。種子を 5℃ 前後の低温条件下で保存すると 10 年以上の生存が可能である (西澤, 1994)。

春に，種子に水を浸漬して，育苗箱に播種すると，シンガレは休眠から覚醒し，種子外に游出し，他の苗に侵入する (田村・気賀沢, 1957; 1958)。通常の肥料条件であれば，葉齢 3~4 葉期に株間移動率は高い (田村・気賀沢, 1958)。イネ体に侵入したシンガレは生長点付近に生息して増殖し，出穂期に穎花に侵入する (図-2)。

III 被害

シンガレが感染したイネは，栄養不足に陥り矮化し，穂は小さくなり，1 穂粒数が減少する (Ou, 1985)。さらに，シンガレは玄米の粒重増加を抑制して屑米を多くし，一部玄米の腹側に縦または横に割れ目を入れ，その周縁部を黒変させ，黒点米を生じることもある (梶原, 2016) (図-3)。

米国において，TODD and ATKINS (1958) は健全イネと罹病イネの穂を比較し，罹病すると平均穂長は 21 cm から 15 cm に，穂重は 2.5 g から 0.7 g に，1 穂粒数は 98 から 32 に，不稔の割合は 16% から 37% になると報告した。日本では，イネ心枯線虫病の発生した水田では収量が 10%~30% 減少すると報告されている (YOSHII and YAMAMOTO, 1950)。

IV シンガレの調査法

1 調査用サンプル採集

シンガレは穂，株および水田の三つの異なる規模においても種子単位で集中分布をする。「ほたるいもち」多発水田のシンガレ密度を推定するためには，3 段抽出法を用いてサンプリングを行う。まず，調査対象の水田を均等に 6 分割し，分割したそれぞれ 1 区画の中央から 1

株ずつ，計 6 株を採集する。採集した 6 株のそれぞれ 1 株から 3 穂を抽出し，3 穂からそれぞれ 20 粒ずつの種子を採集する (TOGASHI and HOSHINO, 2010)。ただし，「ほたるいもち」少発生水田の場合，調査精度を高めるためにはより多くのサンプルが必要である。

2 シンガレの 1 種子からの分離法 (星野・富樫の 1 粒分離法)

これまでのシンガレの種子当たりの個体数調査法では，50 粒の種子から穎を外した後それらを浅い水に沈め，游出したシンガレを実体顕微鏡下で計数してきた (上林ら, 1974)。この方法では，種子から穎を外すため，非常に労力がかかった。また，種子に水を浸漬して吸水させ，種子から游出するシンガレをベルマン法で分離していた。このベルマン法は，操作は簡単であるが，シンガレが游出するまでに 24 時間以上を要した (NANDAKUMAR et al., 1975)。「ほたるいもち」防除のためには，シンガレ個体数の正確な定量が非常に重要である。そこで，種子 1 粒から簡単にシンガレを分離・定量できる個体数調査法 (星野・富樫の 1 粒分離法とする) が開発された (HOSHINO and TOGASHI, 1999)。

星野・富樫の 1 粒分離法では，剪定ばさみで種子 1 粒を縦に 2 分割し，1 ml のピペットチップ (Quality Scientific Plastics Petaluma 社) に入れ (図-4)，6 ml の水を入れたガラス管ビンにこのピペットチップを挿入し，種子を浸漬する。水温を 25℃ に保ち，全暗黒条件下で 4 時間浸漬後，ガラス管ビンの水をシラキユース時計皿に移し，種子から游出したシンガレを実体顕微鏡下で計数する。なお，ガラス管ビンからシラキユース時計皿に水を移す前に，チップ上部より息を吹き込み，チップ内に存在するシンガレをガラス管ビン内に排出する。この方法では，種子 1 粒内のシンガレを短時間で分離でき，生

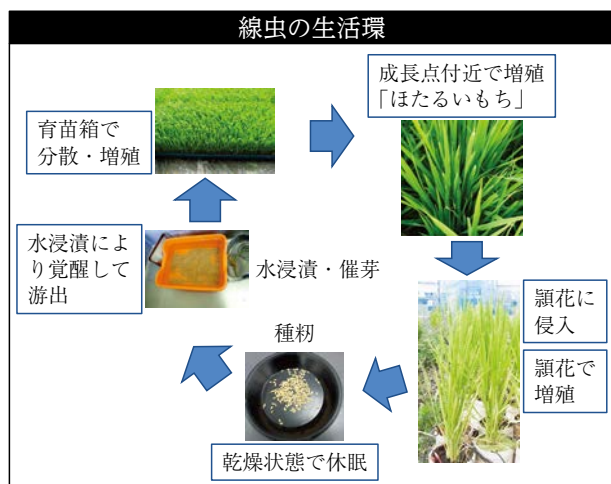


図-2 イネシンガレセンチュウの生活環



図-3 イネシンガレセンチュウによる黒点米

表-1 イネ種子のイネシンガレセンチュウ分離方法の比較

サンプル ^a	調査 ^b 種子 数	分離または観察された生存線虫数 (死亡線虫数)					紙上 ^c	種子内	ピペット または口 ート壁上	合計	分離 ^f 効率
		0-2 時間	2-4 時間	4-8 時間	8-24 時間						
1 種子から分離する方法											
A	67	22(0) ^a	1(0)	0(0)	0(0)	- ^d	0(2)	0(0)	23(2)	0.92	
B1	50	31(1)	0(1)	0(0)	0(0)	-	0(15)	0(0)	31(17)	0.69	
C1	50	28(1)	1(0)	1(0)	0(0)	-	0(21)	0(0)	30(22)	0.60	
D1	50	43(1)	1(1)	0(0)	0(0)	-	0(4)	0(0)	44(6)	0.92	
計	217	124(3)	3(2)	1(0)	0(0)	-	0(42)	0(0)	128(47)	0.76	
ベルマン法											
B2	50	- ^e (-)	-(-)	-(-)	1(0)	0(1)	11(37)	0(1)	12(38)	0.02	
C2	50	-(-)	-(-)	-(-)	1(0)	0(0)	0(36)	0(0)	1(36)	0.03	
D2	50	-(-)	-(-)	-(-)	10(1)	0(0)	1(20)	1(0)	12(21)	0.33	
計	150	-(-)	-(-)	-(-)	12(1)	0(1)	12(93)	1(1)	25(95)	0.11	

^a 英小文字は異なる水田から採集されたサンプルを示す。
^b ベルマン法は 50 種子を 1 バッチとした。
^c ベルマン法に用いた紙の調査または種子の分解は分離開始の 24 時間後に行った。
^d 未測定。
^e 未測定。
^f 分離効率は 8-24 時間に分離した線虫数/生存線虫数 + 死亡線虫数で算出した。

(HOSHINO and TOGASHI, 1999 を改変)

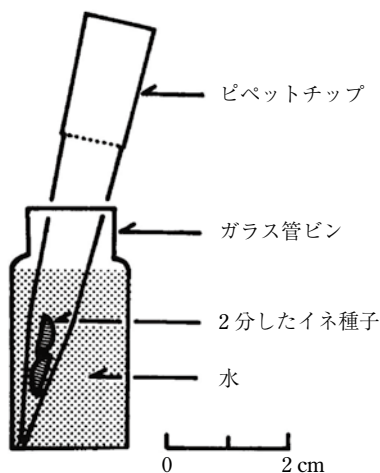


図-4 イネ種子からイネシンガレセンチュウを分離するための簡単な方法 (HOSHINO and TOGASHI, 1999 を改変)

存個体の分離効率は 100%であった。切断した種子の内穎と外穎の内側および玄米をピンセットにより剥がすと死亡個体が見つかるが、分離効率は死亡個体を含めても約 75%と極めて高かった (表-1)。なお、生死の判別は千代西尾・中澤 (1988) に従った。

3 シンガレの大量分離法

大量の種子を同時に調査する方法としてベルマン法や千代西尾・中澤の方法 (千代西尾・中澤, 1988) がある。しかし、これらの方法では分離に 24 時間以上かかる。また、千代西尾・中澤の方法では大きな装置を組み立て

る必要がある。シンガレは種子単位で集中分布を示すため、圃場のシンガレ密度が低い場合、感染種子の比率が低く、ほとんどの種子にシンガレは存在しない。このため、低密度時の密度推定には大量の種子を調査する必要がある。しかし、星野・富樫の 1 粒分離法で種子単位に調査すると、多くの時間を要する。そこで、星野・富樫の 1 粒分離法を基に星野・富樫の大量分離法が開発された (HOSHINO and TOGASHI, 2002)。

この大量分離法では、20~150 粒の種子を剪定ばさみで 1 粒ずつ縦に 2 分割し、種子が重ならないようにステンレス製金網トレイ (網目 1.5 mm) の上に置く。針金を用いて、この金網トレイを 350 ml の水が入ったガラス容器 (1,000 ml) の中程に図-5 のようにつり下げて浸漬する。全暗黒条件下で水温を 25℃に保ち、4 時間後に、20 μm の篩 (メッシュ 635) を用いてガラス容器内の水をろ過して、シンガレを分離する。ガラス容器内を水で 3 回洗浄し、篩に注ぎ、シンガレが残らないようにする。洗浄ビンで篩上のシンガレをシラキース時計皿に洗い落としとして実体顕微鏡下で計数する。

この分離法の検出精度を知るため、篩上の種子を取り出し、種子を取り出して分解し、残存するシンガレを計数したところ、種子内の線虫のほとんどを分離できた (表-2)。

表-2 大量分離法または1種子分離法によるイネシンガレセンチュウ分離時の種子当たり生存個体数と死亡個体数の比較

方法	大量分離法				1種子分離
供試種子数	20	50	100	150	20
反復数	6	6	6	6	3
分離線虫数					
生存	2.73 ± 0.34a	1.93 ± 0.66a	2.48 ± 0.87a	2.06 ± 0.54a	2.12 ± 0.52a
死亡	0.35 ± 0.20a	0.25 ± 0.05a	0.63 ± 0.48a	0.55 ± 0.13a	0.36 ± 0.23a
小計	3.08 ± 0.38a	2.18 ± 0.66a	3.11 ± 1.18a	2.61 ± 0.52a	2.48 ± 0.58a
残存線虫数					
生存	0.03 ± 0.03a	0.00 ± 0.00a	0.01 ± 0.01a	0.01 ± 0.02a	0.00 ± 0.00a
死亡	0.00 ± 0.00a	0.01 ± 0.02ab	0.01 ± 0.01ab	0.01 ± 0.02ab	0.17 ± 0.10b
小計	0.03 ± 0.03a	0.01 ± 0.02a	0.01 ± 0.02a	0.03 ± 0.05a	0.17 ± 0.10a
総計	3.10 ± 0.37a	2.19 ± 0.65a	3.11 ± 1.17a	2.64 ± 0.51a	2.65 ± 0.56a

*平均値 ± S.D. 同じ行で同じ英小文字を有する平均値はKruskal-Wallis検定によって5%有意水準で差がないことを示す。
(HOSHINO and TOGASHI, 2000 を改変)

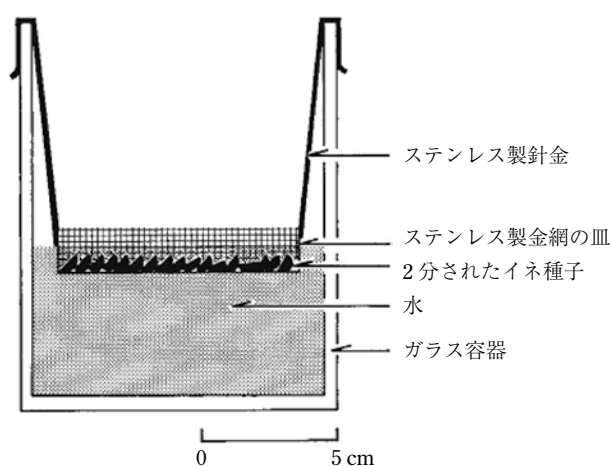


図-5 大量のイネ種子からイネシンガレセンチュウを分離する装置（大量分離法）(HOSHINO and TOGASHI, 2000 を改変)

V シンガレの防除法

1 比重選

水稻農家は、シンガレの汚染種子を除去する目的で塩水選を行っている。しかし、その効果は詳細に研究されていない。そこで、「ほたるいもち」が全株に発病していた水田（品種‘ヒノヒカリ’・以下、感染水田）および発病が認められなかった水田（品種‘ヒノヒカリ’，以下、無感染水田）から採種した種子を水（比重 1.00）または塩水（比重 1.13）による比重選を行い、比重の違いにより比重の小さい種子（比重 1.00 未満の種子；水に浮く種子）、中程度の種子（比重 1.00 以上 1.13 未満の種子；水で沈むが塩水で浮く種子）、比重の大きい種子（比重 1.13 以上の種子；塩水で沈む種子）の三つのグループに分けた。感染水田におけるイネの種子割合はそれぞれ、33.3%，30.7%および36.0%，無感染水田のイネの種子

はそれぞれ、9.7%，10.2%および80.1%で、感染水田では無感染水田に比べ、比重の小さい種子、中程度の種子の割合が高く、大きい種子の割合が低かった（表-3）。

感染水田で採集されたイネの種子の三つの比重のグループから各々100粒ずつを星野・富樫の1粒分離法を用いて線虫数を調査した。比重の大きい種子でシンガレが存在する割合（寄生率）は、中程度の種子および比重の小さい種子よりも低かった。また、比重の大きい種子のシンガレの生存個体数、死亡個体数、総個体数も少なかった（表-4）。なお、無感染水田イネからは線虫は分離できなかった。

感染水田イネ種子の異なる三つの比重のグループの発芽勢（試験開始7日後の発芽率）や発芽するまでの日数を調査した。線虫感染水田イネの種子の比重の大きい種子（100%）および中程度の種子の発芽勢（97.0%）は比重の小さい種子（23.0%）よりも高かった。

また、線虫感染水田イネの種子の比重の大きい種子（7.2日）および中程度の種子（7.0日）の発芽までの日数は比重の小さい種子（9.5日）よりも短かった。さらに、線虫感染水田イネの比重ごとの種子の発芽勢（小さい順に23.0%，97.0%，100%）と無感染水田イネの比重ごとの種子の発芽勢（小さい順に26.0%，66.0%，90.0%）を比較すると、線虫感染水田種子の比重の大きい種子および中程度の種子は、無感染水田種子の各々と有意な差があった。

以上のことから、比重の小さい種子はシンガレの寄生率が高いうえに発芽率も低い。また、中程度の種子は、発芽率が高いもののシンガレの寄生率が高い。そのため、シンガレの被害回避のためには、両比重の種子を取り除く必要がある。水稻種子を比重 1.13 で比重選を行

表-3 イネシンガレセンチュウ感染水田と無感染水田の種子の比重の頻度分布

	種子個体数			合計
	小さい (比重 1.00 未満)	中間 (比重 1.00~1.13)	高い (比重 1.13 以上)	
感染水田	300a (33.3%)	276a (30.7%)	324b (36.0%)	900 (100%)
無感染水田	97b (9.7%)	102b (10.2%)	801a (80.1%)	1,000 (100%)

a 各列の英小文字は、二つの種子群（他の二つのグループを合わせたもので二つの感染レベルがある）の2×2分割表によって、二つの水田間で、線虫に感染している水田または感染していない水田から採取された種子の総数の割合が異なる ($P < 0.001$)。ボンフェローニ法により有意なレベルが調整された。有意水準は Bonferroni 法によって調整された。

b 線虫感染水田のイネ種子はほたるいもちの症状が出ていた株から採集した種子。

(HOSHINO and TOGASHI, 2009 を改変)

表-4 イネ種子の比重、種子の充実度、イネシンガレセンチュウ寄生種子の割合、種子内の線虫個体数および種子内の死亡率の関係

処理	小さい (比重 1.00 未満)	中間 (比重 1.00~1.13)	大きい (比重 1.13 以上)	p 値
線虫感染水田				
調査種子個体数	100	100	100	
寄生種子の割合 (%) ²⁾	69.0a	77.0a	29.0b	< 0.001
種子当たり生存線虫数 ¹⁾	3.02 ± 4.58a	4.61 ± 5.21a	1.39 ± 3.08b	< 0.001
種子当たり死亡線虫数 ¹⁾	1.41 ± 2.36a	1.63 ± 2.31a	0.43 ± 1.22b	< 0.001
種子当たり線虫数 ¹⁾	4.43 ± 5.37a	6.24 ± 5.97a	1.82 ± 3.75b	< 0.001
死亡率 (%) ²⁾	31.8a	26.1b	23.6b	< 0.001
線虫無感染水田				
調査種子個体数	50	50	50	
寄生種子の割合	0	0	0	

¹⁾ 平均値 ± S.D. 各行で同じ英小文字を有する平均値は Kruskal-Wallis 検定によって有意差を示さなかった。

²⁾ 各行で同じ英小文字を有する割合または死亡率は 2×3 分割表によって有意差を示さなかった。有意水準は Bonferroni 法によって調整された。

(TOGASHI and HOSHINO, 2009 を改変)

うことでシンガレの寄生率を下げるができる。しかしながら、比重の大きい種子でもシンガレの汚染種子を完全に除去することはできないため、シンガレ防除には塩水選だけでは不十分と考えられた。

2 化学的防除

1949 年以降、農薬による化学的防除の検討が行われ、古くは水銀剤などによる種子消毒が検討されていた。低毒性の有機リン剤が開発されたことから、MEP 剤、MPP 剤（現在、登録失効）等の薬液浸漬によるシンガレ防除の検討、農薬登録への動きが加速した（五味ら, 1965）。有機リン剤による種子消毒により、シンガレの遊出数が減少、遊出したシンガレは螺旋状となり運動性が減少することにより、イネ心枯線虫病の発生を抑えると推測されている（藤本, 1971；藤本・山口, 1971）。種子内における死亡率を正確に把握するために、MEP 乳剤、MPP 乳剤の殺虫効果を、星野・富樫の 1 粒分離法を用いて生死別個体数を計測した。その結果、これらの薬剤

の薬液浸漬における籾内での死亡率において、無処理との間に有意な差が認められた（表-5）。

化学的防除法としては、薬液浸漬のほか、種子への吹き付け処理または塗沫処理、種子粉衣、育苗箱施用（粒剤・液剤の散布）、本田散布がある。本田散布は、最高分げつ期以降に「ほたるいもち」が認められる圃場で実施する。薬剤としては、MEP、カルタップ、チオシクラム、金属銀、ベノミル、ベンフラカルブ、カルボスルファン、フィプロニルが現在農薬登録されている。薬剤と防除法の組合せを表-6 に示す。現地に適した剤と防除法を組合せてシンガレの防除を行う。

3 その他の防除法

その他の防除法としては、温湯消毒があげられる。60℃の温湯に 10 分間浸漬し、冷水で直ちに冷却する。イネばか苗病などの病害も同時に防除することができる。また、近年、水浸漬後に風乾させることにより、シンガレの生存数を減少させることができることが明らか

表-5 イネシガラセンチュウ感染種子に対する MEP 乳剤，MPP 乳剤殺虫効果，25℃で乾燥したときの死亡率

処理 ^a	生存 個体数 ^b	死亡 個体数 ^b	死亡率 ^c (%)	補正 ^d 死亡率 (%)
MEP 乳剤浸漬後風乾	12(0)	52(2)	81.3a	79.5
MPP 乳剤浸漬後風乾	9(0)	42(8)	82.4a	80.7
無処理	167	16	8.7b	0

^a イネ種子 100 粒をそれぞれ処理した。25℃恒温全暗条件下で 24 時間浸漬。

^b () 内は浸漬後に水や薬液に種子から游出した線虫個体数。生存個体数あるいは死亡個体数にその数字を含む。

^c 死亡率は 4 処理間で 2×4 直交表検定を行った。

列の異なる英小文字は処理区間で 5%水準で有意差あり，5%水準は Fisher 正確確率多重比較による (Bonferroni 法補正)。

^d ABBOTT (1925) の補正死亡率 = ((無処理の生存率%) - (処理後の生存率%)) / (無処理区の生存率%) × 100 (%) で算出した。

(HOSHINO and TOGASHI, 2002 を改変)

表-6 イネシガラセンチュウに対し農薬登録のある薬剤とその使用方法

薬剤名	使用方法
MEP 乳剤	6～72 時間浸漬
	専用の種子消毒機を用いて乾燥種子重量の 3% の量の希釈液を種籾に吹き付け処理または塗沫処理
	育苗箱の上から均一に散布する
	散布 (本田)
カルタップ水溶剤	6～12 時間浸漬，24 時間浸漬
チオシクロラム水和剤	24 時間浸漬
金属銀水和剤	24 時間浸漬
ベノミル水和剤	10 分間種子浸漬
	種子粉衣
ベンフラカルブ粒剤 (単・混合剤)	育苗箱の上から均一に散布する
カルボスルファン粒剤 (単剤)	育苗箱の上から均一に散布する
フィプロニル粒剤 (単・混合剤)	育苗箱の上から均一に散布する

表-7 イネシガラセンチュウ感染種子に対する水浸漬，水浸漬後風乾による効果

種子処理 ^a	生存 個体数 ^b	死亡 個体数 ^b	死亡率 ^c (%)
水区	179(1)	182(0)	50.4a
水・風乾区	51(0)	195(0)	79.3b
風乾区	301	126	29.5c
無処理区	410	136	24.9c

^a イネ種子 100 粒をそれぞれ処理した。25℃恒温全暗条件下で 24 時間浸漬。

^b () は水に浸漬中に種子から水中に游出した線虫個体数。生存個体数あるいは死亡個体数にその数字を含む。

^c 死亡率は 4 処理間で 2×4 直交表検定を行った。

列の異なる英小文字は処理区間で 5%水準で有意差あり，5%水準は Fisher 正確確率多重検定 (Bonferroni 法補正)。

(HOSHINO and TOGASHI, 2002 を改変)

になった(表-7)。感染種子を25℃の水道水で24時間浸漬後、風乾させた区(水・風乾区)の死亡率が最も高く、次いで25℃の水道水で24時間浸漬しただけの区(水区)となり、25℃で48時間風乾した風乾区、5℃で低温保存を継続した無処理区に比べ有意に高い死亡率を示した。水浸漬処理のみでは完全にシンガレを防除することはできないので、他の防除法と組合せる必要がある。

おわりに

種子の中で生存するシンガレは、人の目にふれることがなく、また、殺虫剤などの防除がおろそかにされる害虫である。シンガレ防除のために、比重選を行うことはもとより、種子消毒後に風乾することで、シンガレ密度は劇的に低下すると考えられる。原種圃、採種圃や育苗センター等の育苗施設では、さらに、種子消毒とその後の風乾を組合せてシンガレ密度を低下させた後に残存したシンガレを防除するため、育苗箱への殺虫剤の施用を行うことを推奨している。近年、種子消毒を省く生産者も増えており、本線虫の増加も懸念される。本稿が、シンガレ防除の一助になることを期待する。

引用文献

- 1) ABBOTT, W. S. (1925): *Journal of Economic Entomology* **18**: 265~267.
- 2) BARAT, H. et al. (1969): *Technical Communication, Commonwealth Bureau of Helminthology* **40**: 269~273.
- 3) 千代西尾伊彦・中澤 肇 (1988): *鳥取県農試報告* **24**: 1~37.
- 4) FEAKIN, S. D. (1970): *Pest control in rice. PANS Manual* **3**: 99~107.
- 5) FORTUNER, R. and K. J. O. WILLIAMS (1975): *Helminthological Abstracts B* **44**: 1~40.
- 6) 藤本 清 (1971): *応動昆 中国支部会報* **13**: 11~13.
- 7) ————・山口福男 (1971): *兵庫県立農試報告* **19**: 33~38.
- 8) 深野 弘 (1962): *福岡農試特別報告* **18**: 1~108.
- 9) 五味美知男ら (1965): *関東東山病害虫研報* **12**: 99.
- 10) HOLLIS, J. P. and S. KEOBOONRUENG (1984): In: Nickle WR (ed) *Plant insect nematodes*, Marcel Dekker, New York, p.95~146.
- 11) HOSHINO, S. and K. TOGASHI (1999): *Journal of Nematology* **31S**: 641~643.
- 12) ———— (2000): *ibid.* **32**: 303~308.
- 13) ———— (2002): *Japanese Journal of Nematology* **32**: 25~30.
- 14) ———— (2009): *Applied Entomology and Zoology* **44**: 387~396.
- 15) HUANG, C. S. and S. P. HUANG (1972): *Botanical Bulletin of Academia Sinica* **13**: 1~10.
- 16) ———— and Y. C. CHIANG (1975): *Nematologica* **21**: 351~357.
- 17) ———— et al. (1972): *Nematologica* **18**: 432~438.
- 18) 梶原敏宏 (2016): *普通作物病害図説*, 養賢堂, 東京, 255 pp.
- 19) 角田鷹次郎 (1915): *病虫害雑誌* **2**: 214~218.
- 20) 水久保隆之 (2006): *線虫の見分け方*, 日本植物防疫協会, 東京, 99 pp.
- 21) NANDAKUMAR, C. et al. (1975): *Indian Journal of Nematology* **5**: 62~69.
- 22) 西澤 務 (1994): *土壌線虫の話*, タキイ種苗(株)広報出版部, 京都, 117 pp.
- 23) OU, S. H. (1985): *Rice disease, Second Edition*, C·A·B International UK, 380 pp.
- 24) 田村市太郎・気賀沢和夫 (1957): *日本生態学会誌* **7**: 111~114.
- 25) ———— (1958): *同上* **8**: 37~42.
- 26) TODD, E. H. and J. G. ATKINS (1958): *Phytopathology* **48**: 632~637.
- 27) TOGASHI, K. and S. HOSHINO (2010): *Nematology* **12**: 373~380.
- 28) 上林 譲ら (1974): *愛知農総試研報 A-5*: 63~69.
- 29) VUONG, H. H. (1969): *Nematodes of Tropical Crops, Technical Communication No.40*, St Albans, UK: Commonwealth Bureau of Helminthology, p.274~288.
- 30) YOSHII, H. and S. YAMAMOTO (1950): *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University* **9**: 209~222.
- 31) 吉井 甫 (1965): *日本植物病理学会報告* **31**: 254~260.