

第V章 ジャガイモシストセンチュウの総合防除法に関する検討^{22,27,79)}

前章までに本線虫発生圃場での線虫密度低減および伝播防止の対策について検討した。本章ではこれらの中から、圃場の線虫密度低減に有効かつ実用的ないくつかの手段を組合せることにより、本線虫発生圃場で安定的に、また長期的に実行できる防除対策を中心に検討した。

具体的には4年輪作に殺線虫剤および抵抗性品種を組み入れた総合防除法を検討した。

方 法

ジャガイモシストセンチュウの防除を目的とした4年輪作において、その基本的作付体系はジャガイモ→コムギ→アズキ→テンサイとし、これにジャガイモ植付期に粒剤(バイデート粒剤またはモーキャップ粒剤)の全面施用・土壌混和を組み入れ、さらにジャガイモあるいはコムギ収穫後の10月上旬に燻蒸剤(D-D油剤, ディ・トラベックス油剤など)の注入処理を組み入れた。ジャガイモの線虫抵抗性品種として「ツニカ」または「Ehud」、感受性品種には「紅丸」または「男爵薯」を供試し、コムギは「ハルコムギ」または「ホロシリコムギ」、アズキは「宝小豆」、テンサイは「モノヒル」を用いた。試験は各区125m²の1区制とした。

結 果

4例について作物栽培後の線虫密度の変動を調べた。

試験1 (Fig. 35, Table 49)

本試験ではジャガイモの感受性品種「紅丸」を含む4年輪作にバイデート粒剤とD-D油剤を組合せた1サイクルと、これに続く2サイクル3作目までに抵抗性品種を含めて検討した。線虫密度は試験開始時の137卵/乾土1gから「紅丸」の栽培により、無処理区では約6倍の830卵に、バイデート粒剤30kg/10a施用区では約4倍の558卵に増加した。ジャガイモの収穫後にD-D油剤60l/10aを注入して翌春コムギを栽培すると、線虫密度は86~108卵で前年秋の13~15%となり、無処理区の

276~332卵(33~58%)に比べて大きく低下した。この後アズキ、テンサイの栽培で線虫密度は漸減したが、ジャガイモの2サイクル目に感受性品種「男爵薯」を栽培すると線虫密度はまちまち4.6倍の221卵(Fig. 35②)に復元し、D-D無処理でも2.4倍の358卵(図の①)と試験開始時以上の高密度と

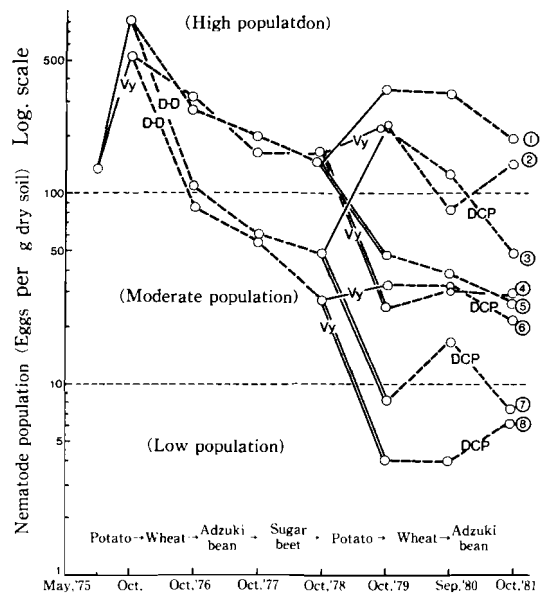


Fig. 35. Annual changes of potato cyst nematode population in a 4-year crop rotation involving resistant potato and nematicide application (Exp.1).

- Susceptible potato variety, Benimaru (1975), Irish Cobbler (1979)
- Resistant potato variety, mean of Tunika, Ehud (1979)
- ... Nonhost crop
- Vy : Vydate (1%) G. 30kg/10a, D-D : D-D (55%) O. 60l/10a, DCP : DCP (92%) O. 30l/10a

Table 49. Change of potato cyst nematode population by 4 year crop rotation involving resistant variety and nematicide application (Exp. 1)
(Initial nematode population : 137 eggs/g dry soil)

4-year-rotation	Nematode population after 4-year-cultivation	% to initial population	3-year-rotation	Nematode population after 3-year-cultivation	% to initial population
'B'→N→N→N	146	(107)	①'T'→N→N	193	(141)
			⑤('T' _E)→N→N	27	(20)
'B'→(D+N)→N→N	48	(35)	③'T'→N→(DCP+N)	49	(36)
			⑦('T' _E)→N→(DCP+N)	7	(5)
(Vy+'B')→N→N→N	163	(119)	②(Vy+'T')→N→N	150	(109)
			④(Yy+'T' _E)→N→N	28	(20)
(Vy+'B')→(D+N)→N→N	28	(20)	⑥(Vy+'T')→N→(DCP+N)	22	(16)
			⑧(Vy+'T' _E)→N→(DCP+N)	7	(5)

Figures in circle as same as in Fig. 35.

'B': Benimaru, 'T': Irish Cobbler, 'T': Tunika, 'E': Ehud, N: Non-host.

D: D-D(55%)60l/10a, DCP: DCP92(92%)30l/10a, Vy: Vydate(1%)30Kg/10a.

なった。しかし、バイデート粒剤を併用した区(図の③, ⑥)では1.3~1.1倍の微増に止まった。

抵抗性品種を高密度土壤に栽培した⑤は48卵(前年密度の33%)の中密度に下がり, 同じく中密度土壤に栽培した⑦では8卵(同17%)の低密度となった。抵抗性品種栽培時にバイデート粒剤を高密度土壤に施用した④では25卵(15%)の中密度に, 中密度土壤に施用した⑧では4卵(14%)の低密度にまで下がった。

D-D油剤を処理後, 非寄主作物を3作続け中密度に下がったところへ感受性品種を栽培するとたちまち221卵の高密度に戻るが(②), 感受性でなく抵抗性品種の栽培では8および4卵の低密度となった(⑦, ⑧)。

4年輪作の2サイクル目にDCP92油剤30l/10a処理後にアズキを栽培すると, 高密度土壤に処理した場合③は49(38%)の中密度に, 中密度土壤に処理した場合⑥も22(56%)に低下し, 一方, 低密度土壤に処理した⑧では密度低下ははっきりしなかった。

Table 49には Fig. 35に示した4年輪作の両サ

イクル(2サイクル目は3作まで)の最終密度をまとめた。

感受性品種「紅丸」の栽培から始めた4年輪作の1サイクル終了時の密度を比較すると, バイデート粒剤との組合せは低減効果が小さく, ジャガイモ収穫後D-D油剤処理は効果が大きく現われる。バイデート粒剤処理と感受性品種の栽培では, 線虫の増殖を抑えほぼ植付前密度に止めることは第IV章第3節, 2に記したが, 本試験では無処理区より密度を抑えたものの約4倍に増加した。この原因の一つに水溶性の高い本剤にとって処理時の寡雨が考えられる。

試験2 (Fig. 36, Table 50)

本試験は感受性品種, 抵抗性品種を含む4年輪作に, バイデート粒剤とディ・トラベックス油剤を組合せた1サイクルと, 2サイクル目の2年間はモーキャップ粒剤を組合せて検討した。

165卵/乾土1gの圃場にバイデート処理を行わずに「紅丸」を栽培すると, 線虫密度は約5倍の845卵に増加したが, バイデート30kg/10a処理を伴うと植付時と同等の188卵に止まった。

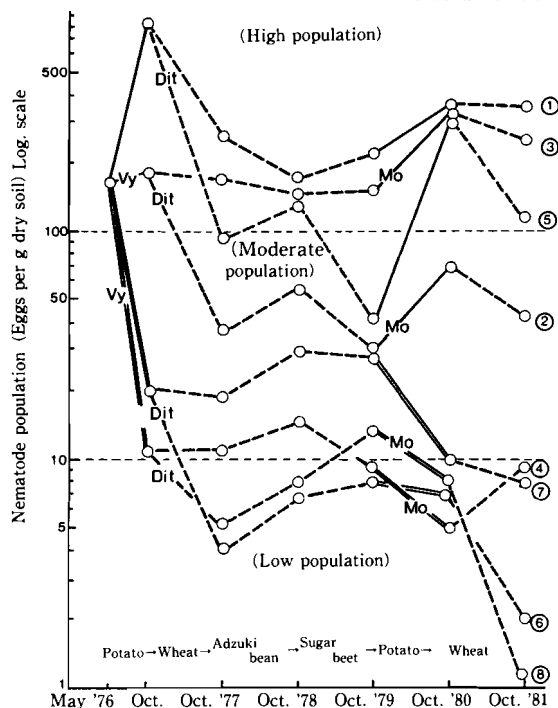


Fig. 36. Annual changes of potato cyst nematode population in a 4-year crop rotation involving resistant potato and nematicide application (Exp. 2).

- Susceptible potato variety, Benimaru (1976), Irish Cobbler (1980)
- Resistant potato variety, Tunika (1976), Ehud (1980)
- Nonhost crop
- Vy : Vydate (1%) G. 30kg/10a,
- Mo : Mocap (5%) G. 20kg/10a
- Dit : Di-trapex (60%) O. · 30l/10a

ジャガイモ収穫後ディ・トラベックス油剤30l/10a処理の効果は、「紅丸」+薬剤無処理の跡地で線虫密度が前年秋の10.9% (92卵) に「紅丸」+バイデート処理の跡地で前年秋の18.6% (35卵) に大きく低下した。

一方、「ツニカ」をバイデート粒剤を処理せずに栽培すると前年秋の12.7% (21卵) に、同処理区では6.7% (11卵) に低下した。ジャガイモ栽培後

にディ・トラベックス油剤を処理し、コムギ「ハルヒカリ」を栽培すると4, 5卵の低密度となった。

4年輪作の2サイクル目にジャガイモを栽培したが、「男爵薯」+モーキャップ粒剤20kg/10a処理の効果は、高密度圃場では(処理区③)前年の2.1倍(336卵)となり、無処理区①の場合の1.6倍(368卵)と大差なく効果は顕著とはいえないが、中密度圃場での施用では前年の2.6倍の70卵②(無処理区は8.2倍の328卵⑤)となり、処理の効果が認められた。

Table 50には Fig. 36に示した4年輪作の1サイクルと2サイクル(2作)の最終密度をまとめた。

4年輪作の最終密度をみると、「紅丸」が入った組合せでの線虫密度抑制効果は、バイデート粒剤とディ・トラベックス油剤併用区、ディ・トラベックス油剤単用区、バイデート粒剤単用区、無処理区の順であった。とくにジャガイモ栽培後ディ・トラベックス油剤処理の密度低減効果が大きい。しかし、ジャガイモの被害回避の点からはバイデートの効果を見逃すことは第IV章第3節、2のとおりである。

「ツニカ」はそれ自体の線虫捕獲効果が大きいので、殺線虫剤処理との併用でなくても、「紅丸」栽培時にバイデート粒剤、その後ディ・トラベックス油剤処理の区と同等な密度に低下した。2サイクル目に抵抗性品種「Ehud」を入れると一層低下した。

試験3 (Fig. 37, Table 51)

92卵/乾土1gの中密度圃場に感受性品種と抵抗性品種を交互に栽培し、これに殺線虫剤処理を組合せて検討した。

抵抗性品種の栽培、燻蒸剤処理、非寄主作物栽培などで低密度になった区に、抵抗性品種を栽培すると (Fig. 37⑦, ⑧) 線虫密度はさらに低下したが、2サイクル目に感受性品種を栽培すると④、たちまち前年の39倍、276卵に増加した。輪作体系の中で感受性品種を組入れることによる線虫密度の急増をいかに抑えるかが重要な課題となるが、今回モーキャップ粒剤を供試したところでは

Table 50. Change of potato cyst nematode population by 4 year crop rotation involving resistant variety and nematicide application (Exp. 2)
(Initial nematode population : 165 eggs/g dry soil)

4-year-rotation	Nmatode population after 4-year-cultivation	% to initial population	2-year-rotation	Nematode population after 2-year-cultivation	% to initial population
'B'→N→N→N	227	(138)	①'T'→N	356	(216)
'B'→(Dit+N)→N→N	40	(24)	⑤'T'→N	112	(66)
(Vy+'B')→N→N→N	158	(96)	③(Mo+'T')→N	256	(155)
(Vy+'B')→(Dit+N)→N→N	27	(16)	②(Mo+'T')→N	42	(25)
'T'→N→N→N	28	(17)	⑦'E'→N	8	(5)
'T'→(Dit+N)→N→N	8	(5)	⑥'E'→N	2	(1)
(Vy+'T')→N→N→N	9	(5)	④(Mo+'E')→N	10	(6)
(Vy+'T')→(Dit+N)→N→N	14	(8)	⑧(Mo+'E')→N	1	(0.6)

Figures in circle are as same as in Fig. 36.

'B': Benimaru, 'T': Irish Cobbler, 'T': Tunika, 'E': Ehud, N: Non-host.

Dit: Di-trapex (60%) 30l/10a, Vy: Vydate(1%) 30kg/10a, Mo: Mocap(5%) 20kg/10a.

Table 51. Change of potato cyst nematode population by 4 year crop rotation involving resistant variety and nematicide application (Exp. 3)
(Initial nematode population : 92 eggs/g dry soil)

4-year-rotation	Nmatode population after 4-year-cultivation	% to initial population	1-year-cultivation	Nematode population after 1-year-cultivation	% to initial population
'B'→N→N→N	213	(232)	①'T'	281	(305)
			②'E'	43	(47)
(Vy+'B')→N→N→N	180	(196)	③(Mo+'T')	127	(138)
'T'→N→N→N	7	(8)	④'T'	276	(300)
			⑤(Mo+'T')	79	(86)
			⑧'E'	0.7	(0.8)
(Vy+'T')→(D+N)→N→N	3	(3)	⑥(Mo+'T')	31	(34)
			⑦(Mo+'E')	3	(3)

Figures in circle as same as in Fig. 37.

'B': Benimaru, 'T': Irish Cobbler, 'T': Tunika, 'E': Ehud, N: Non-host.

Vy: Vydate(1%) 30kg/10a, Mo: Mocap(5%) 20kg/10a, D: D-D(55%) 60l/10a.

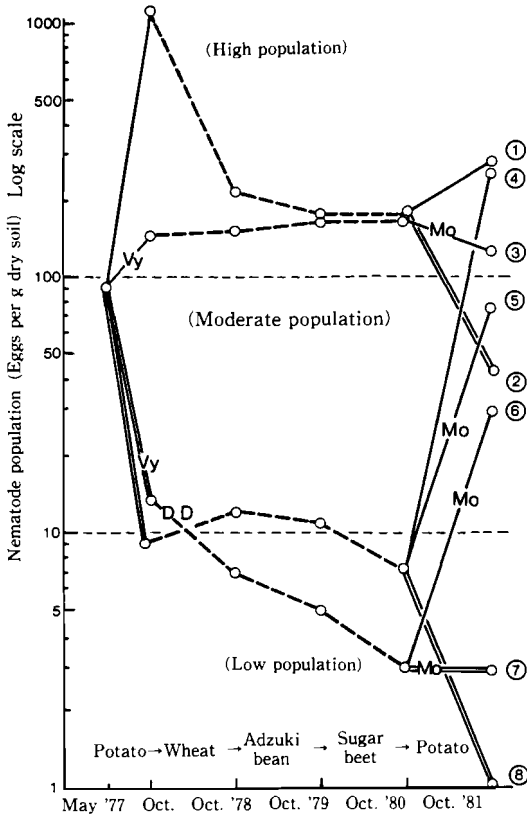


Fig. 37. Annual changes of potato cyst nematode population in a 4-year crop rotation involving resistant potato and nematicide application (Exp.3).

— Susceptible potato variety, Benimaru (1977), Irish Cobbler (1981)
 — Resistant potato variety, Tunika (1977), Ehud (1981)
 --- Nonhost crop

Vy : Vydate (1%) G. 30kg/10a,
 D-D : D-D (55%) O · 60l/10a
 Mo : Mocap (5%) G. 20Kg/10a

10~11倍に増え効果は不十分であった。

4年輪作の1サイクルと2サイクル(1作)の線虫密度変動を Table 51にまとめた。

試験4 (Fig. 38, Table 52)

抵抗性品種を含む4年輪作に燻蒸剤を組合せた

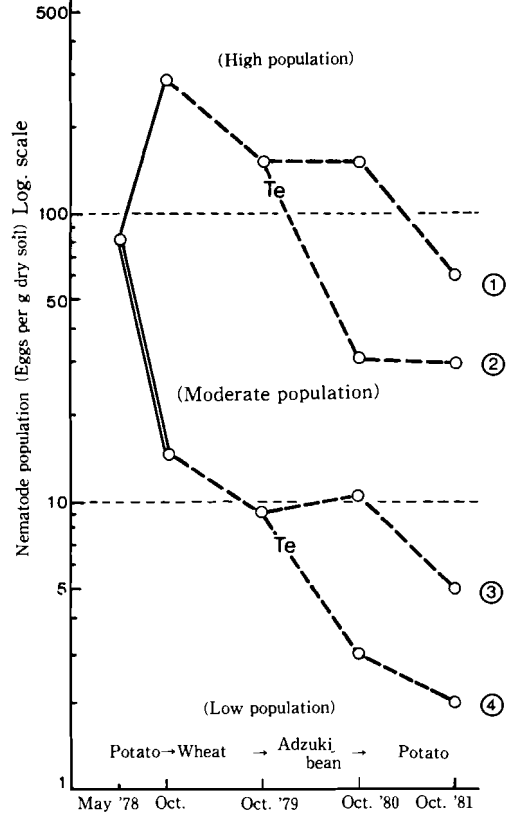


Fig. 38. Annual changes of potato cyst nematode population in a 4-year crop rotation involving resistant potato and nematicide application (Exp.4).

— Susceptible potato variety, Benimaru
 — Resistant potato variety, Tunika
 --- Nonhost crop
 Te : TelonII (92%) O · 30l/10a

試験であるが、82卵/乾土1gの中密度土壤に「ツニカ」を栽培し15卵まで低下し、さらにコムギ収穫後テロンII (92%) 油剤30l/10a処理で3卵に、4年輪作終了後時は2卵に低下した(図の④)。Table 52はその結果をまとめたものである。

考 察

1. 線虫密度の変動とジャガイモの収量

4年輪作の中に抵抗性品種、薬剤処理などの手段を組み入れ、線虫密度に及ぼす影響を調べたが、

Table 52. Change of potato cyst nematode population by 4 year crop rotation involving resistant variety and nematicide application (Exp. 4)
(Initial nematode population : 82 eggs/g dry soil)

4-year-rotation	Nmatode population after 4-year-cultivation	% to initial population
①'B'→N→N→N	62	(76)
②'B'→(Te+N)→N→N	30	(37)
③'T'→N→N→N	6	(7)
④'T'→(Te+N)→N→N	2	(2)

Figures in circle as same as in Fig. 38.

'B': Benimaru, 'T': Tunika, N: Non-host.

Te: Telon II (92%) 30l/10a.

Table 53. Effect of control measures to potato cyst nematode population calculated from 4 year rotation experiments from 1975 to 1981

Treatment	Annual increase* or decrease in namatode population	Notes
Susceptible potatoes	713.7±326.7(n=16)	Benimaru, Irish Cobbler**
Resistant potatoes	28.4± 16.0(n=14)	Tunika, Ehud
+ Granule nematicides + Susceptible potatoes	197.9± 80.9(n=14)	+ Vydate 30kg, Mocap 20kg/10a Benimaru, Irish Cobbler
+ Granule nematicides + Resistant potatoes	26.0± 13.1(n=12)	+ Vydate 30kg, Mocap 20kg/10a Tunika, Ehud
Non-hosts	76.5± 10.8(n=83)	
After potatoes	62.9± 11.4(n=31)	
After susceptible potatoes	61.8± 14.9(n=18)	
After resistant potatoes	64.5± 20.5(n=13)	
After non-hosts	84.6± 15.6(n=52)	
Funigants+ Non-hosts	29.7± 9.9(n=15)	D-D • 60l, DCP92 • 30l, TelonII • 30l, Di-trapex 30l/10a

*Percent nematode population after harvest to that in the previous year.

0.95 confidence intervals.

**Marked changes in nematode population occurred depending to initial population (See Fig. 6.).

Table 54. Number of potato cyst nematode infested and potato yields by 4 year crop rotation including nematicides.

Variety	Nematicide treatment	Cyst ⁵⁾ index	Tuber weight ^{1,5)} (% to untreated)	n
Susceptible varieties (Benimaru rish Cobbler)	Untreated	64.4±10.3	2,815±478Kg/10a	8
	Fumigants(Autumn application) ²⁾	38.0±12.3	(110±28%)	5
	Granule nematicides(At planting) ³⁾	18.7±10.6	(108±19%)	8
	Fumigants+Granules ⁴⁾	7.5± 7.9	(113±24%)	5
Resistant varieties (Tunika Ehud)	Untreated	0	3,317±515Kg/10a	7
	Fumigants(Autumn application) ²⁾	0	(104±12%)	5
	Granule nematicides(At planting) ³⁾	0	(98± 7%)	7
	Fumigants+Granules ⁴⁾	0	(88±15%)	5

1) Potato yield of untreated plot indicate Kg/10a, and figures in parenthesis indicate % to untreated plot.

2) Fumigant treatment in October 2 or 3 years before potato cultivation and cultivated non-host crops.

3) Granule nematicide treatment at potato planting.

4) Combination of²⁾ and³⁾

5) 0.95 confidence intervals.

抵抗性品種栽培，燻蒸剤処理，非寄主作物栽培はいずれも線虫密度の低減に有効なことが実証された。線虫密度が高まるのは感受性ジャガイモ品種を栽培する時だけで，この場合の線虫密度の増加をいかに小さく抑えるかが問題となる。Table 53には前記4例の試験結果から処理別に線虫密度の増減をまとめた。

Table 53に示されたように，ジャガイモシストセンチュウの密度は，感受性品種の栽培により平均約7倍に増加したが，粒剤の土壤施用により密度増加は約2倍に止まった。抵抗性品種の栽培密度低減効果がきわめて大きいのは，抵抗性品種自体がもつ線虫捕獲効果によるもので，これに殺線虫剤処理を組合せてもその効果が目立って上積みされないことも特徴の一つといえる。非寄主作物の栽培は全体として平均約24%線虫密度を低下させ，とくにこの低減効果はジャガイモが前作である場合には約37%低下させ，非寄主作物が前作の場合の約15%を大きく上回ることはすでに分かっている(第IV章，第1節，1)。燻蒸剤処理と非寄主作物栽培を組合せた場合も密度は約70%低下し効果は大きい。

ジャガイモを殺線虫剤処理と組合せて栽培した時のシスト寄生指数，ジャガイモ収量をTable 54に示した。

ジャガイモの収量は年次や試験により変動が大きい，感受性品種のシスト寄生指数は燻蒸剤，粒剤，両者併用，の順で低くなり，収量は各処理とも約10%高まった。抵抗性品種の収量は燻蒸剤処理でやや高いものはっきりしなかったが，感受性品種よりも線虫の影響が小さいことに関連であろう。

2. 防除手段の組合せ

どの防除手段をどのように組合せるかは防除の目的や条件によって異なるが，ジャガイモシストセンチュウの場合，土壤検診による線虫密度の正確な把握を前提として，これに経営規模や作物の収益など経済的要因を加えた長期的総合的な判断が必要になる。ここでは発生圃場での線虫密度の低減および作物の被害回避の面から問題を考察する。

1) 線虫の密度水準と被害

本研究では線虫密度の表示を乾燥土壌1g当たりの卵数によった。試験の結果，ジャガイモシス

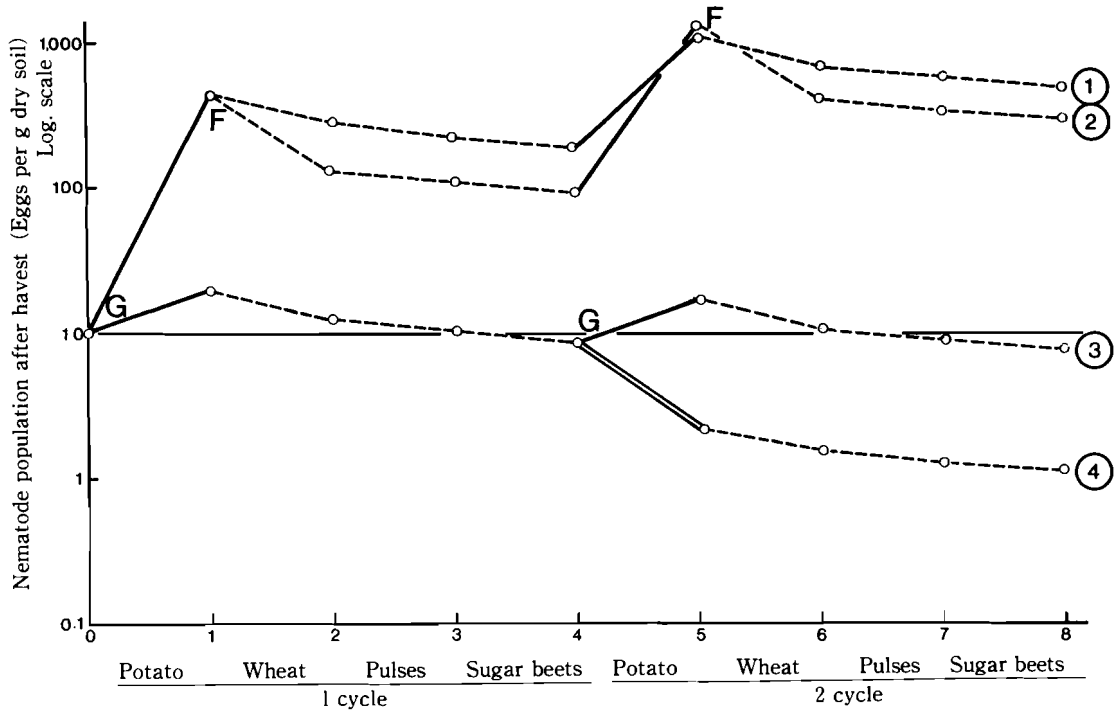


Fig. 39. Model of annual changes of potato cyst nematode population in a 4-year crop rotation combined with resistant potato and nematicide application.

— Susceptible potato varieties, Benimaru *et al.* F : Fumigants, D-D (55%) O · 60l/10a *et al.*,
 = Resistant potato varieties, Tunika *et al.* G : Non-fumigated granules, Vydate (1%) G · 30kg/10a *et al.*
 ---- Nonhost crops

トセンチュウでは実際上被害が余り問題とならない低密度としては10卵以下, 10~50%程度の減収となる中密度は11~100卵, 栽培不能なほどの高密度として100卵以上の3段階に類別できた(第三章, 第2節)。

2) 組み合わせの条件

輪作年限としては, 抵抗性品種を組み入れる場合でも今回確認されたように半身萎凋病など土壤病害の発生も考慮すれば, 少なくとも4年以上としたい(第四章, 第1節)。線虫密度の低減の目的には土壤燻蒸剤の秋処理を行い非寄主作物を栽培する。

3) 組み合わせの実際

ジャガイモ栽培は線虫低密度のときに限定し, その場合でも感受性品種栽培時には粒剤の土壤施用により線虫の増殖を抑える。輪作年限は4年またはそれ以上とし, 従って非寄生物が3年以上栽培されるので地帯によってはその選択の要があるが, 羊蹄山麓真狩村では可能と考えられる。ただし, 現在, 感受性品種では食用, 澱原用, 加工用それぞれを利用できるが, 抵抗性品種としては澱原用の「ツニカ」しかなく, 食用, 加工用との価格差など経済的損失も考慮される。

Fig. 39にはこれまでの試験結果(Table 53, Fig. 6)を基礎に低密度(10卵/乾土1g)圃場での4年輪作における線虫密度の変動をモデル化し

Table 55. Procedures to control potato cyst nematode according to their population levels.

- I. Depermination of nematode population level.
 Low level : Less than 10 eggs per g dry soil (Slight crop loss).
 Middle level : 11 to 100 eggs per g of dry soil (Moderate crop loss).
 High level : More than 101 eggs per g dry soil (Severe crop loss).
- II. Combination of crop rotation and other control measures.
1. Rotation system : 4 years or more.
 Example ; Wheat → Adzuki bean → Sugar beet → Potato.
 2. Cultivation of potatoes.
 - ① Limited to only low nematode population levels.
 - ② Alternation of resistant and susceptible varieties in every 4 years.
 3. Treatment of nematicides.
 - ① Cultivation of non-host crops at middle to high nematode population levels after the treatment with furigants in previous autumn.
 - ② Application of the non-fumigated granular nematicides and susceptible potato varieties in fields of low nematode population levels.

た。感受性品種「紅丸」などの栽培時(Fig. 39に——で示す。以下同じ)に粒剤(G)を施用すると線虫密度の急増をおさえ(③), 抵抗性品種「ツニカ」など(====)を組み入れると密度の低下は一層大きい(④)。この③および④の組み合わせを継続すれば線虫密度を経済的被害水準以下におさえながらジャガイモの安定生産が可能と考えられる。

なお、この場合、抵抗性品種を連続して栽培することは、新たなパソタイプを誘発しその急激な密度増加を促すことにもなりかねないので、4年

目ごとのジャガイモ栽培には感受性品種と抵抗性品種を交互に用いるのがよく、これによって両品種はそれぞれ8年に1度栽培されることになり、特定のパソタイプを急増させる危険は避けられる。なお、「紅丸」を含む単純な4年輪作(①), これに土壤燻蒸剤(F)を組み入れたとしても(②), 終始線虫密度は高く推移する。

以上の総合防除対策をまとめてみると Table 55のようになる。

第VI章 総合考察および結論

ジャガイモシストセンチュウのジャガイモに及ぼす被害の大きさと防除の困難性から、世界のジャガイモ生産国ではこの線虫発生を農業上の大きな脅威の一つと考えている⁹⁹⁾。この線虫の未発生国では、その侵入防止のため発生国からのジャガイモ塊茎はもちろんその他の作物まで輸入を法的に厳重に規制している。この重要な線虫が1972年ついに北海道で確認されるに至った。

第I章では、1972年7月に北海道後志支庁管内、真狩村のジャガイモ「紅丸」で寄生被害が発見された線虫について、その形態の観察調査から本線虫をジャガイモシストセンチュウ (*Globodera rostochiensis*) と同定し、本線虫のわが国での発生が確定した。線虫はのち1977年7月には網走支庁管内の清里町に、1980年7月には胆振支庁管内の豊浦町でも発見され、北海道農務部による1985年度末現在の集計では上記3支庁の11町村の発生面積4,272haに達している。つぎに北海道に発生した本線虫の寄生型 (パソタイプ) についても農業技術研究所を中心に調査が進められ、それはRo1と確定した。この寄生型の確定により利用できる抵抗性品種もわかり、当面の育種目標も定まった。Ro1以外の寄生型の存否については今後も調査される必要がある。

真狩村の初発見圃場の線虫密度は、ジャガイモの生育を困難にさせるほど高く、また同村内の分布調査から発生が広範囲に及ぶことが明らかとなった。なお、本発見の8年前 (1964年) に真狩村から採集した土壌試料からも本線虫のシストが検出されている¹⁰⁵⁾。

第III章ではまずジャガイモシストセンチュウによるジャガイモの被害症状の把握及び被害解析を実施した。線虫高密度圃場でのジャガイモの外観上の症状は、線虫寄生により養水分吸収阻害→生育遅延→萎凋→早期枯死となり、このための減収は大きい。この症状は線虫侵入盛期の5～6月の多雨、線虫増殖期の7月の乾燥傾向で被害が一層

助長される。これまでの各種線虫の被害解析の例に準じて線虫密度 (卵数の対数) と被害との関連を調べた結果、一般に直線回帰よりも Nicholson の競合曲線に基づく Seinhorst の曲線回帰への適合性が高いことが明らかとなり、この式により被害程度を検討し、乾土1g当たり10卵の減収率は、0.8m²の枠試験では「紅丸」8%、「ツニカ」6%となり、圃場試験の各々の値4%、2%よりもやや高くなった。この密度を被害耐性限界密度と仮定し、これ以下を低密度、10～50%の被害を受ける11～100卵を中密度、これ以上を高密度と提案し、以降、この密度区分を本線虫の防除上の前提条件として用いた。栽培前の線虫密度と増加率の関係は、感受性品種では低密度であるほど増殖率が高くなる。

圃場における線虫の発生活消長の把握は防除対策確立の基礎となるが、感受性のジャガイモ品種では、通常年には侵入は6月上旬、根内総寄生数は7月上旬にピークとなり、肉眼でも観察できる黄色雌成虫は7月上～中旬に多く、この時期がジャガイモ抜取観察によるいわゆる植物検診の適期である。黄色の雌成虫はやがて褐色のシストになり、根から離脱して土壌中に残る。ジャガイモ栽培跡の線虫密度は品種の感受性や根量により増殖率が異なる。線虫に抵抗性のジャガイモ品種に対してもジャガイモシストセンチュウは感受性品種と同様に多数の幼虫が根に侵入寄生する。しかし抵抗性品種では侵入幼虫がシストに達しないで死亡するもので、その栽培によって線虫密度は60～90%も低下し、線虫の捕獲作物としての効果を期待できる。

線虫発生圃場での非寄主作物の栽培によってもジャガイモ栽培の場合とほぼ同じ時期に低い幼虫遊出のピークがみられ、この結果、土壌中の線虫密度は平均約30%低下する。したがって非寄主作物の栽培も線虫密度低下の有効な手段の一つである。

本線虫の1世代の所要日数は、6～8月では約40日で、慣行の耕種基準によるジャガイモの5月栽培では2世代目の幼虫遊出の盛期となる8月には根部は老化することから、大部分は1世代に止まると考えられる。

ジャガイモシストセンチュウの温度耐性について調査の結果、低温には強く -20°C にも耐性を示し、北海道の少雪寒冷地帯でも土壤中の蔵卵シストは十分越冬できることが示された。ジャガイモ根部滲出液のシスト内卵のふ化促進作用は、着蕾期から開花始の間の滲出液の効果が最も高い。

トマトも本線虫の寄主作物として重要なことから、わが国育成の主要品種・系統の線虫寄生と被害程度を検討し、供試した29のすべてに線虫が寄生し、雌成虫・シストも形成され、根に線虫による肥大(コブ)がみられるなど、被害は無視できないことがわかった。供試した中ではトマト野生種 *L. peruvianum* B6001 (P. I. 126926) が抵抗性を示した。ジャガイモシストセンチュウが将来野菜地帯に分布拡大する場合を想定すれば、トマトでの抵抗性品種育成の必要はないといえない。

第IV章では各種防除手段の有効性を評価検証し、ジャガイモシストセンチュウの総合防除のための、輪作を基調とした技術組立について検討した。

まず輪作に関する試験では、輪作に組み入れ可能な作物による線虫密度の増減、輪作式(サイクル)としての線虫密度の変動、輪作式の中のジャガイモの被害回避度、などから輪作式を決定した。その基礎となったのは、非寄主作物の1作で線虫密度は平均約32%低下するが、その場合、前作がジャガイモであれば約60%低下し、前作が非寄主作物では約26%の低下に止まる。ジャガイモ栽培では感受性の「紅丸」で約7倍に増加し、抵抗性の「ツニカ」では約70%の低下となる。これらの事実から、抵抗性品種の輪作への導入の必要性が明らかとなったが、現在使用できる抵抗性品種は澱原用の「ツニカ」のみである。

輪作は輪作年限(サイクル)が長いほど線虫密度抑制効果が高いが、それでも本研究での9年輪

作の例が示すように、感受性品種を1作するとたちまち最初の高密度に戻る。高密度土壌で開始した4年輪作の試験では、「紅丸」の無線虫圃場に対する収量比は66%、「ツニカ」では82%であった。感受性品種の栽培には殺線虫剤を併用しつつ4年輪作が適当と考えられる。

感受性品種の中には高密度圃場でもシスト寄生程度が低く収量性の高い「金時薯」、「根育10号」、「岩手4号」などや、シスト寄生量が多いが収量性の高い「農林1号」、「エニワ」などが選び出された。外国導入品種の中では澱原用の抵抗性品種「ツニカ」が線虫圃場のいも重、澱粉重ともに優れ、1978年に奨励品種となった。ただし本品種は、低密度圃場では同じ澱原用の「紅丸」よりも収量が低い。しかし、線虫捕獲効果が高いので積極的な活用が望まれる。

殺線虫剤に関する試験は、燻蒸剤としてD-D油剤ほか、土壌施用の粒剤としてバイデートほかを材料として検討した。燻蒸剤(油剤)では10a当たりD-D(55%)・60l、ディ・トラベックス(60%)・30lの深さ10～15cmの秋処理(9月下旬～10月中旬)が有効で、半量ずつ2回注入の効果はさらに高い。薬剤処理の跡に非寄主作物を栽培すると線虫密度は70～80%も低下する。土壌施用粒剤では、10a当たりバイデート(1%)・30kg、モーキャップ(5%)・15～20kg、ダイアジノン(3%)・40kgの全面処理およびバイデート・15kg、モーキャップ・10kgの作条処理が、感受性ジャガイモの栽培を可能にし、かつ線虫密度の急増を抑えた。この中でバイデート粒剤のトラクターによる全面施用30kg/10aは散布者への安全性も含め実用性が高い。

線虫捕獲植物を探索したが、イヌホウズキはその種子 $2\text{g}/\text{m}^2$ の5～6月播種で80%以上の密度低下を示し、トウモロコシとの同時播種(5月)の間作で効果も高かったが、初期生育が劣り、耐陰性や他雑草との競合に弱く、実用性には乏しい。むしろ「ツニカ」はトウモロコシ間作で効果が高く、コムギ収穫後(8月下旬)の栽培でも約50%密度を低下させたので、実用技術として今後の検討に値する。

生理活性物質として線虫卵のふ化促進効果の高いピクロロン酸を土壤施用し効果を検討したが、5～6月の15g/m²施用で線虫密度は当初の5%以下となった。しかし、その実用性には、土性、土壤水分、地温、作物に対する薬害、などの検討も残されている。

物理的防除法として極超短波の土壤照射、シストの放射線照射を行い、前者では2,450±25MHz、出力6KWの導波管型機種で4,000～8,000ジュール/cm²・sec照射が湿潤土壤に効果が高いが、実用化にはなお多くの改良が必要である。放射線（コバルト60）照射もシストの乾湿など条件により効果は異なるが、線虫防除にはかなりの線量を要し実用性に乏しい。

ジャガイモシストセンチウの伝播防止には土壤の付着するジャガイモ塊茎やテンサイ根部の移動に十分注意する必要がある。ジャガイモ塊茎を搬入する澱粉工場沈澱池の堆積土壤中にシストを工場操業の工程に合わせて埋設して実験した結果、土壤の還元状態による酸素欠亡と硫化水素等のガス発生が原因と考えたが、ほとんどすべての線虫卵は死滅した。またテンサイを原料とする製糖工場の沈澱池でも同様な実験を行い、9月から翌年7月までの埋没ですべての線虫卵は死滅した。テンサイ堆積場の遊離土砂（パイラー土）についての同様な実験でも、還元発酵による酸素不足が原因と考えられるが、線虫卵のすべてが死滅した。

遊離土砂、澱粉粕などの処理を目的とした堆肥化の過程でシスト内の卵がすべて死滅することが確認され、また灯油バーナー式の土壤焼却試験で

は70°C以上の焼却、保温で完全な効果が示された。

澱粉製造工程の中でジャガイモ塊茎から離脱した線虫シストの澱粉粕への混入の可否を調査し、塊茎の洗浄を径ても低率ながら混入のありうることが示唆された。

ジャガイモシストセンチウのシスト汚染土壤の付着したジャガイモ塊茎やテンサイ根が搬入される堆肥の山などは、いずれもその表面に近い乾燥気味の部分では線虫シストの卵は完全に死滅することは言い切れず、したがって、未発生地ではこれらの土壤を育苗土などに使用するの避けるべきである。

第V章ではこれまでの試験結果を基礎に、ジャガイモシストセンチウの長期的総合的防除対策の組立を試みた。非寄主作物を含む4年輪作を基調とし、それに殺線虫剤（燻蒸剤、非燻蒸作用の粒剤）、抵抗性品種を組み合わせた場合の密度変動をモデル化して考察を加えた。

実際の応用場面では輪作年限を4年またはそれ以上とし、ジャガイモ栽培は低密度圃場に限定し、中～高密度では燻蒸剤と非寄主作物栽培を組み合わせるまず低密度に導く。なお、抵抗性品種は感受性品種と交互に栽培し、また感受性品種栽培時には粒剤の土壤施用を併用する。以上の組み合わせの実行により、線虫の密度水準を低密度以下におさえながらジャガイモ栽培が可能となる。

なお、現在未発生の地域では、土壤および植物検診を続けて線虫の新たな発生を点検し、その防除に努めることはもとより、侵入した場合に備えて線虫の定着・増殖を防ぐためにできるだけ長期の輪作体系の実行を心掛けるべきである。

摘 要

北海道のジャガイモシストセンチュウ (*Globodera rostochiensis*) の発生分布、圃場における発生生態および防除法に関する研究を1972年より1982年まで実施し、それをとりまとめた。

1. 1972年7月に北海道、後志支庁管内、真狩村豊川の一農家圃場から採集されたジャガイモ「紅丸」にシストセンチュウの寄生が認められ、その形態、測定値などの特徴から、本種とジャガイモシストセンチュウ (*Globodera rostochiensis*) と同定した。その寄生型は Ro 1 である。この圃場の線虫密度は高く、圃場の一部にいちじるしい生育不良箇所が認められた。その後調査した発生分布は、後志管内では年とともに広がり、さらに網走、胆振管内にも発生し、1985年度末現在11町村、4,272ha に達している。
2. 線虫高密度圃場の「紅丸」は、7月上旬から軽い萎凋が始まり、同中旬（開花期頃）には全身のしおれと下方数葉の黄化、同下旬には下葉の枯死、落葉が始まり、8月上旬には中葉まで枯れ上り、しおれた上葉のみを残したフェザードスター（毛ばたき）症状が現われ、同中旬にはこれが全体に広がり、同下旬には通常より1カ月も早く枯死した。
3. 線虫密度（対数）と収量の関係は、一般に直線回帰よりも Seinhorst の曲線回帰への適合性が高く、減収率からみて10卵/乾土1gは低密度、11~100卵/乾土1gは中密度、これ以上を高密度とした。感受性品種では栽培前密度が低いほど増殖率が高まった。
4. ジャガイモシストセンチュウの発生消長
 - 1) 感受性品種の線虫寄生量は成熟期、根量により異なるが株当たり4~10万で、根表面に黄色雌が目立つ時期は7月上~中旬である。栽培による線虫密度は栽培前の2~9倍に増加し、収量も34~61%の減収になった。
 - 2) 抵抗性品種では寄生した2期幼虫のほとんどが発育を停止し、3期以上には成長しないため線虫密度は栽培前の10~40%に低下する。しかし高密度圃場では幼虫寄生の影響でジャガイモは減収した。
 - 3) 非寄生作物を栽培した場合も線虫密度は低下し、この減少率は前作がジャガイモの場合には大きい。
 - 4) 土壌の深さ別に線虫密度の変動をみると、感受性品種では深さ0~10cmで植付時の約9倍、11~20cmでは約3倍に増えた。抵抗性品種では0~30cmで植付時の30%に低下した。
 5. 圃場における1世代の所要日数は6~8月には約40日であるが、通常の栽培でみられる2世代目幼虫盛期の8月には根部は老化するので大多数は1世代に止る。
 6. 乾燥土壌のシストは-20°C、160日間でも健全で、水分が多いと死亡率は高まる。しかし、-20°C蒸留水中に160日間でも生存個体が多かった。シスト内卵は80°C-10秒、75°C-20秒、70°C-30秒で完全に死滅した。
 7. ジャガイモ根渗出液のふ化促進効果は、着蕾始から開花期の期間において高い。
 8. トマトに対し野生種を除き雌成虫・シストの寄生がみられた。
 9. 防除技術
 - 1) 輪作：非寄主作物を栽培すると、線虫密度はジャガイモが前作の場合は約60%、それ以外では約26%低下し、抵抗性品種「ツニカ」では約70%低下した。感受性品種を栽培すると初期密度が低いほど線虫密度は高まる。
 - 2) 抵抗性品種、耐性品種：*Solanum andigena* のほかジャガイモ野生種4種が抵抗性であった。線虫感受性品種・系統の線虫高密度圃場におけるジャガイモの収量は無線虫圃場の55~60%であった。外国導入品種の中にはシスト形成がほとんど認められない寄生型 Ro 1 抵抗性のものがあり、その栽培により線虫密度は48~79%減少した。しかしジャガイモ収量は線虫により13.2~34.7%減少した。そ

の一つ東ドイツ産澱粉原料用「ツニカ」は1978年に奨励品種となった。

3) 殺線虫剤：D-D 油剤ほか燻蒸剤の春期処理は葉害のため困難であるが、秋期処理の効果は高く、9月下旬～10月中旬が処理適期である。パイデート粒剤などの粒剤のジャガイモ植付前の全面施用の効果は安定している。トラクター牽引の肥料散布機（本田式）は粒剤施用に実用性が高い。

4) 線虫捕獲効果の高いイヌホウズキの捕獲効果を検討した。播種量 $2\text{g}/\text{m}^2$ 、5～6月播種、トウモロコシ間作として同時播種（5月）がよい。線虫抵抗性ジャガイモ「ツニカ」も捕獲効果が高い。

5) その他の防除法

生理活性物質としてピクロン酸の線虫密度低減効果を検討したほか、物理的防除法として極超短波のシスト内卵殺虫効果を検討した。放射線（コバルト60）照射の殺卵効果を検討したが実用性は見出せなかつた。

6) 澱粉工場沈澱池に10月～翌年5月まで、製糖工場沈澱池に9月～翌年7月まで、テンサイ遊離土の山に6月～11月までシストを埋没すると卵はほぼ完全に死滅した。ジャガイモ遊離土砂、澱粉粕などを原料とする堆肥化の過程でシスト内卵は死滅した。線虫汚染土の70°C以上の焼却・保温で完全な効果が示された。澱粉製造工程で塊茎の洗浄をしても低率ながら澱粉粕への混入の可能性がある。

10. 総合的防除対策の組み立て

輪作年限を4年とし、これに抵抗性品種と殺線虫剤を加えて線虫密度を低密度に維持する方法を検討した。線虫密度が中～高密度の時には燻蒸剤施用と非寄生作物の組み合わせで低密度に導く。ジャガイモは低密度で栽培するが、抵抗性品種と感受性品種は交互栽培とし、感受性品種栽培時に粒剤を施用して増殖を抑える。以上の組み合わせを継続すると圃場の線虫密度を長期安定的に維持できることがわかった。

謝 辞

本研究の報告に当たり、著者の線虫研究に関し終始懇切なご指導をいただいた恩師の北海道大学名誉教授 犬飼哲夫博士ならびに同農学部 森樊須教授、高木貞夫教授、生越明教授に対し心から感謝申し上げる。本研究課題を与えられ種々のご助言並びに研究推進上のご配慮をいただいた元・北海道立中央農業試験場病虫部長（前・同農試場長）馬場徹代博士、また長年にわたる線虫研究のご指導と本稿の懇切なご校閲をいただいた農林水産省北海道農業試験場病理昆虫部長 一戸稔博士に厚くお礼申し上げます。

研究実施期間中、研究目的達成のために終始多大のご指導とご協力をいただいた北海道農業試験場病理昆虫部虫害第2研究室長（現・東北農業試験場虫害研究室長）気賀沢和男氏、同研究室の稲垣春郎博士（現・農林水産技術会議事務局研究管理官）、湯原巖氏（現・横浜植物防疫所害虫課長）、堤正明氏、農業環境技術研究所線虫・小動物研究室長 西沢務博士、元・北海道農業試験場畑作物第2研究室長 坂口進氏、同農試畑作物第2研究室長 西部幸男氏、本線虫発見当時の南羊蹄地区農業改良普及所の千葉辰男所長、宮武利明次長および歴代の同所職員、当時の真狩村、清都勝太郎村長および歴代の同村関係者、歴代の真狩村農業協同組合の関係者、委託農家の真狩村豊川谷藤義勝氏の各位に厚く感謝の意を表す。

試験実施にあたり、多大のご指導とご援助をいただいた北海道澱粉工業協会の村山大記博士 東孝四郎氏並びに北海道植物防疫協会の遠藤和衛氏、塩田弘行氏に厚く感謝を申し上げます。

道立中央農業試験場の中で研究体制を整備し、長期にわたる本研究推進のため便宜を与えられた歴代の北海道立中央農業試験場長 和田忠雄氏、茅野三男氏、島崎佳郎博士、中山利彦博士同じく元・副場長 福岡邦泰氏、高橋純一氏、元・総務部長 岩清水泰氏、元・技術連絡室長（前・北見農業試験場長）手塚浩氏、森義雄氏（現・当場場長）並びに北海道農務部の関係者各位に心から感謝の意を表す。

研究実施にあたり、終始有益なご助言、ご援助並びにご鞭達をいただいた元・北海道立中央農業試験場病虫部長（前・北海道立道南農業試験場長）高桑亮博士、元・同農試害虫科長（前・病虫部長）富岡暢氏、現・同農試病虫部長 赤井純博士、前・同農試畑作部長（現・北海道立上川農業試験場長）仲野博之氏、元・北海道立十勝農業試験場長 斉藤正隆氏、前・北海道立中央農業試験場機械部長（現・北海道立天北農業試験場長）斉藤亘博士、同農試農業機械部機械科長 桐山優光氏、同科の笹島克己氏（現・北海道立根釧農業試験場）に深く謝意を表す。

本研究は前述のとおりプロジェクト研究チームとして進められ、そのメンバーであった北海道中央農業試験場病虫部 高倉重義氏（現・同農試稲作部栽培第2科長）、同農試畑作部 上野賢司氏、今友親氏（現・北海道立十勝農業試験場普通作物

科長）並びに高宮泰宏氏（現・北海道立十勝農業試験場）の各位とは、研究目的達成のため発生現地での長期滞在を含め終始苦勞を共にしてきた。もしチーム全体の協調と忍耐がなかったらこれらの成果はえられなかったであろう。本論文としてまとめた成果の中には個々の研究者に属するとするには不可分な部分も多く、ここに絶大なご援助をいただいたチームのメンバー各位に対し心から感謝申し上げます。

また、本研究遂行上、多大のご協力をいただいた北海道立中央農業試験場病虫部害虫科 小高登氏、佐藤龍夫氏、中尾弘志氏、兼平修氏（現・北海道立北見農業試験場）並びに真狩村の圃場管理、試験調査等に多大のご協力をいただいた田口牧子氏、佐々木キヨ子氏、水井美奈子氏、宝積タズ子氏、に深く感謝を申し上げます。

引用文献

- 1) Barker, K. E., Gooding, G. V., Elder, A. S. & Eplee, R. E. (1972) Killing and preserving nematodes in soil samples with chemicals and microwave energy. *J. Nematol.* **4**, 75-79.
- 2) *Behlens. E. (1975) *Globodera* Skarbilovich, 1959, eine selbständige Gattung in der Unterfamilie Heteroderinae Skarbilovich, 1947 (Nematoda : Heteroderidae) 1. Vortragstagung zu aktuellen Problemen der Phytonematologie am 29. 5. 1975 in Rostock. Manuscriptdruck der Vorträge. Rostock, 1975, 12-26.
- 3) Brown, E. B. (1969) Assessment of the damage caused by potato cyst eelworm, *Heterodera rostochiensis* Woll. *Ann. appl. Biol.* **63**, 493-502.
- 4) Chitwood, B. G. & Buhner, E. M. (1945) The life history of the golden nematode of potatoes, *Heterodera rostochiensis* Wollenweber, under Long Island, New York, conditions. *Phytopath.* **36**, 180-189.
- 5) Chitwood, B. G. & Buhner, E. M. (1946) Further studies on the life history of golden nematode of potatoes (*Heterodera rostochiensis* Wollenweber), season 1945. *Proc. helm. Soc. Wash.* **13**, 54-56.
- 6) Clarke, A. J. & Shepherd, A. M. (1966) Inorganic ions and hatching of *Heterodera* spp. *Ann. appl. Biol.* **58**, 497-508.
- 7) Clarke, A. J. & Shepherd, A. M. (1968) Hatching agent for the potato cyst-nematode, *Heterodera rostochiensis* Woll. *Ann. appl. Biol.* **61**, 139-149.
- 8) Cole, C. S. & Howard, H. W. (1966) The effects on a population of potato root eelworm (*Heterodera rostochiensis*) of growing potatoes resistant to pathotype B. *Ann. appl. Biol.* **58**, 487-495.
- 9) Ellenby, C. & Smith, L. (1967) Emergence of larvae from new cysts of the potato-root eelworm. *Heterodera rostochiensis*. *Nematologica* **13**, 273-278.
- 10) Ellis, P. R. (1968) Resistance to the potato cyst nematode, *Heterodera rostochiensis*, in the plant genus *Lycopersicon*. *Ann. appl. Biol.* **61**, 151-160.
- 11) Ellis, P. R. & Hesling, J. J. (1974) Morphology of cysts of isolates of *Heterodera rostochiensis* and *H. pallida*. *Nematologica* **20**, 226-241.
- 12) Ellis, P. R. & Smith, J. M. (1971) Inheritance of resistance to potato cyst eelworm (*Heterodera rostochiensis* Woll.) in the genus *Lycopersicon*. *Euphytica* **20**, 93-101.
- 13) Fassuliotis, G. (1958) Effects of ionizing radiations on the golden nematode, *Heterodera rostochiensis*. *Radiation Research* **9**, 112.
- 14) Fenwick, D. W. (1951) Investigations on the emergence of larvae from the cysts of potato-root eelworm, *Heterodera rostochiensis*. IV Physical conditions and their influence on larval emergence in the laboratory. *J. Helminth.* **25**, 37-48.
- 15) Ferris, H., Turner, W. D. & Duncan, L. D. (1981) An agrorithum for fitting Seinhorst curves to the relationship between plant growth and preplant nematode densities. *J. Nematol.* **13**, 300-304.
- 16) Franklin, M. T. (1951) Taxonomy of Heteroderidae. Plant parasitic nematodes. Vol. 1 (ed. Zuckerman, B. M. et al.) Academic press, New York. 139-

- 162.
- 17) Golden, A. M. & Ellington, D. M. S. (1972) Redescription of *Heterodera rostochiensis* (Nematoda: Heteroderidae) with key and notes on closely related species. Proc. helm. Soc. Wash. **39**, 64-78.
- 18) Granek, I. (1955) Additional morphological differences between the cysts of *Heterodera rostochiensis* and *Heterodera tabacum*. P1. Dis. Repr. **39**, 716-718.
- 19) Hesling, J. J. & Ellis, P. R. (1972) The pathogenicity and increase of *Heterodera rostochiensis* on tomato cultivars, self-rooted or grafted on to rootstocks. Ann. appl. Biol. **71**, 251-261.
- 20) Hesling, J. J., Pawelska, K. & Shepherd, A. M. (1961) The response of potato root eelworm, *Heterodera rostochiensis* Wollenweber and beet eelworm, *H. schachtii* Schmidt to root diffusate of some grasses and of *Tagetes minuta*.
- 21) 北海道澱粉工業協会 (1978) オランダの馬鈴しょと澱粉事情調査報告書, ジャガイモシストセンチュウについて, 澱粉会報, **42**, 26-51.
- 22) 北海道澱粉工業協会 (1979) ジャガイモシストセンチュウ総合防除研修に関する報告書. 澱粉会報, **44**. 52pp.
- 23) 細辻豊二, 横山昭一 (1960) 土壌処理剤に関する研究, 第3報 D-D・EDB の将異性について, 日植病報 **25**, 58.
- 24) Huysman, C. A., Klinkenberg, C. H. & den Ouden, H. (1969) Tolerance to *Heterodera rostochiensis* Woll. among potato varieties and its relation to certain characteristics of root anatomy. Eur. Potato J. **12**, 134-137.
- 25) 一戸稔 (1961) 殺線虫剤とその施用上の問題点. 応動昆. 第5回シンポジウム記録, 39-41.
- 26) 一戸稔 (1969) 殺線虫剤の薬害, 植物防疫, **23**, 415-416.
- 27) 稲垣春郎 (1976) 線虫の総合防除. 植物防疫 **30**, 37-40.
- 28) Inagaki, H. (1977) Seasonal occurrence of the potato cyst nematode. *Globodera rostochiensis* (Woll.) Mulvey & Stone, in potato field in Hokkaido, Japan. Jpn. J. Nematol. **7**, 33-38.
- 29) Inagaki, H. (1978) Research on the ecology and control of potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis* (Woll.) Mulvey and Stone, occurring in Hokkaido, Japan. Rev. of plant protection research **11**, 119-131.
- 30) 稲垣春郎 (1980) ジャガイモシストセンチュウの生理生態 (発育条件), ジャガイモシストセンチュウの防除に関する研究 (農林水産技術会議事務局編) 研究成果, **127**, 67-72.
- 31) Inagaki, H. (1984) Studies on the ecology and control of potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis*. Res. Bull. Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn. **139**, 73-144.
- 32) 稲垣春郎, 気賀沢和男 (1974) 圃場におけるジャガイモシストセンチュウ蔵卵シストの土壤中垂直分布. 日線虫研誌, **4**, 57-58.
- 33) 弥富喜三 (1962) 殺線虫剤の作用機構, 植物防疫 **16**, 421-422.
- 34) Jones, F. G. W. (1954) First steps in breeding for resistance to potato-root eelworm. Ann. appl. Biol. **41**, 348-353.
- 35) Jones, F. G. W. (1966) The population dynamics and population genetics of the potato cyst-nematode, *Heterodera rostochiensis* Woll. on susceptible and resistant potatoes. Rothamsted Exp. Stn., for 1965, 301-316.
- 36) Jones, F. G. W. (1974) Control of nematode pests, background and outlook for biological control (ed. Jones, D. P. & Solomon, M. E.) Blackwell scientific publications. 249-268.
- 37) Jones, F. G. W., Carpenter, J. M., Parrot, D. M., Stone, A. R. & Trudgill, D. L. (1970)

- Potato cyst nematode: One species or two?. *Nature* **227**, No. 5253, 83-84.
- 38) 気賀沢和男 (1978) シストセンチュウに対する薬剤の一検定法. *日線虫研誌***8**, 55-56.
- 39) 気賀沢和男, 堤正明, 稲垣春郎, 山田英一, 高倉重義, 坪木和男, 黒沢強, 井上寿 (1977) 北海道の斜網東部地区におけるジャガイモシストセンチュウの発生. *日線虫研誌***7**, 82-83.
- 40) 今友親, 上野賢司, 高宮泰宏, 山田英一, 高倉重義 (1982) ジャガイモシストセンチュウとその防除対策. 第2報 被害解析. *北農***49** (9) 1-15.
- 41) Kort, J. (1962) Effect of population density on cyst production in *Heterodera rostochiensis* Woll. *Nematologica* **7**, 305-308.
- 42) Kort, J. (1979) オランダにおけるジャガイモシストセンチュウの防除に関する政府の対策. *澱粉会報***14**(1), 37-46.
- 43) Kort, J., Ross, H., Rumpfenhorst, H. J. & Stone, A. R. (1977) An international scheme for indentifying and classifying pathotypes of potato cyst-nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Nematologica* **23**, 333-339.
- 44) Lownsbery, B. F. (1950) Stimulation of golden nematode larvae by root leachings. *Phytopath.* **40**, 18.
- 45) Lutgert, H. G. (1979) オランダ北東部におけるジャガイモシストセンチュウ *Globodera rostochiensis* およびジャガイモシロシストセンチュウ *G. pallida* の検出, シストの分離および防除法, *澱粉会報***44**, 15-36.
- 46) Mai, W. F. (1952) Susceptibility of *Lycopersicon* species to the Golden nematode. *Phytopath.* **42**, 461-462.
- 47) Mai, W. F. & Lownsbery, B. F. (1952) Crop rotation in relation to the golden nematode population of the soil. *Phytopath.* **42**, 345-347.
- 48) Moriarty, F. (1964) The efficacy of Chrysoidin, New blue R and Phloxine B for determining the viability of beet eelworm, *Heterodera schachtii* Schm. *Nematologica* **10**, 644-646.
- 49) Mulvey, R. H. & Golden, A. M. (1983) An illustrated key to cyst-forming genera and species of Heteroderidae in the western hemisphere with species morphometrics and distribution. *J. Nematol.* **15**, 1-59.
- 50) Mulvey, R. H. & Stone, A. R. (1976) Description of *Punctodera matadorensis* n. gen., n. sp. (Nematoda : Heteroderidae) from Saskatchewan with list of species and generic diagnosis of *Globodera* (n. rank), *Heterodera* and *Sarisodera*. *Can. J. Zool.* **54**, 772-785.
- 51) 村山大記 (1978) オランダにおけるジャガイモシストセンチュウの防除対策(2)農および園. **53**, 1463-1469.
- 52) Myers, R. F. & Dropkin, V. H. (1959) Impracticability of control of plant parasitic nematodes with ionizing radiations. *Plant Dis. Repr.* **43**, 311-313.
- 53) Nicholson, A. J. (1933) The balance of animal populations. *J. Anim. Ecol.* **2**, 132-178.
- 54) 西沢務 (1973) 作物の線虫害とその評価. *植物防疫.* **27**, 451-458.
- 55) 西沢務, 岡本好一, 一戸稔 (1980) ジャガイモシストセンチュウの寄生型 (パソタイプ) の確定. ジャガイモシストセンチュウの防除に関する研究 (農林水産技術会議事務局編) 研究成果. **127**, 21-34.
- 56) 農林水産省統計情報部 (1983) 作物統計. **24**, 415.
- 57) 岡田利承, 森哲郎 (1968) 土壤燻蒸剤の拡散に関する研究. 第1報 土壤中における D-D の拡散とダイズシストセンチュウに対する防除範囲. *北海道農試彙報.* **82**, 1-7.
- 58) Omidver, A. M. (1962) The nematicidal effects of *Tagetes* spp. on the final popula-

- tions of *Heterodera rostochiensis* Woll. Nematologica, 7, 62-64.
- 59) 大羽克明, 藤田祐輔, 妹背醇, 難波健吉 (1977) ディ・トラペックスの土壌内動向. I. 圃場における処理後の残留薬物の経時変化. 日線虫研誌, 7, 21-27.
- 60) Oostenbrink, M. (1950) Het aardappel-laaltje (*Heterodera rostochiensis* Wollenweber), een gevaarlijke parasiet voor de eenzijdige aardappelcultuur. Versl. Meded. Pl. ziektenkundige Dienst Wageningen, Nr. 115, 230pp (114-150).
- 61) Oostenbrink, M. (1966) Major characteristics of the relation between nematodes and plants. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen. 66-4. 46pp.
- 62) Palo, A. V. (1968) Multiplication of the potato cyst nematode (*Heterodera rostochiensis*) in *Lycopersicon* spp. Nematologica, 14, 314-315.
- 63) 三枝三郎, 気賀沢和男, 湯原巖, 堤正明, 稲垣春郎, 桜井義郎, 山田英一, 高倉重義, 一戸稔 (1972) 北海道真狩, 留寿都地区におけるジャガイモシストセンチュウの発生分布—1972年8月の植物検診における調査. 日線虫研誌, 2, 45-46.
- 64) 斉藤泉, 高桑亮, 山田英一, 高倉重義 (1981) 北海道におけるジャガイモ半身萎凋病の発生. 植物防疫, 35, 316-318.
- 65) Seinhorst, J. W. (1965) The relation between nematode density and damage to plants. Nematologica 11, 137-154.
- 66) Seinhorst, J. W. (1967) The relationship between population increase and population density in plant parasitic nematodes. III. Definitions of the terms host, host status and resistance. IV. The influence of external conditions on the regulation of population density. Nematologica 13, 429-442.
- 67) Seinhorst, J. W. & Ouden, H. den (1971) The relation between density of *Heterodera rostochiensis* and growth and yield of two potato varieties. Nematologica 17, 347-369.
- 68) Shepherd, A. M. (1962) The emergence of larvae from cysts in the genus *Heterodera*. C. A. B. 90pp.
- 69) 芝崎勲 (1975) 食品殺菌工学. 光琳書院 146-148.
- 70) 塩田弘行 (1977) 放射線照射による萌芽防止 (馬鈴薯 459-463) グリーンダイセン普及会
- 71) Slach, D. A. & Hamblen, M. L. (1961) The effect of various factors on larval emergence from cysts of *Heterodera glycines*. Phytopath. 51, 350-355.
- 72) Spears, J. F. (1968) The golden nematode handbook, U. S. D. A. Agricultural Research Service, Agriculture Handbook No. 353, 81PP.
- 73) Stelter, H. (1971) Der Kartoffelnematode. Akademie-Verlag, Berlin. 290pp (18-21).
- 74) Stone, A. R. (1973) *Heterodera pallida* n. sp. (Nematoda : Heteroderidae) a second species of potato cyst nematode. Nematologica 18, 591-606.
- 75) 諏訪内正名 (1961) 物理化学的にみた殺線虫剤の効き方. 植物防疫 15, 391-394.
- 76) 高倉重義 (1968) キタネコブセンチュウの防除に関する研究. 第12報 殺線虫剤秋処理による主要作物の被害. 北日本病虫研報 19, 100.
- 77) 高倉重義, 手塚浩, 山田英一 (1973) ジャガイモシストセンチュウの本邦における初発見について. 北日本病虫研報 24, 91.
- 78) 高倉重義, 山田英一 (1981) ジャガイモシストセンチュウに関する研究. 土壌深度別の線虫密度変動. 北日本病虫研報 32, 54-56.
- 79) 高倉重義, 山田英一, 高宮泰宏, 今友親, 上野賢司 (1982) ジャガイモシストセンチュウとその防除対策. 第5報 防除対策. 北農

- 49(11), 1-25.
- 80) 高倉重義, 山田英一, 上野賢司, 今友親 (1979) ジャガイモシストセンチュウに対する殺線虫剤の効果. 北海道立農試集報 **42**, 67-79.
- 81) 高宮泰宏, 上野賢司, 今友親, 山田英一, 高倉重義 (1982) ジャガイモシストセンチュウとその防除対策. 第3報 線虫に対する品種の特性. 北農 **49**(9), 16-38.
- 82) Tohrne, G. (1951) Diffusion patterns of soil fumigants. Proc. helm. Soc. Wash. **18**, 18-24.
- 83) Trifitt, M. T. (1930) Observations on the life cycle of *Heterodera schachtii*. J. Helminth. **8**, 185-196.
- 84) Trifitt, M. T. (1932) Preliminary note on the use of root excretion as a method of controlling the nematode *Heterodera schachtii*. J. Helminth. **10**, 181-182.
- 85) Trifitt, M. T. (1934) Experiments with root excretions of grasses as a possible means of eliminating *Heterodera schachtii* from infected soil. J. Helminth. **12**, 1-12.
- 86) 堤正明 (1976) ジャガイモ根浸出液の採取時期がジャガイモシストセンチュウの孵化におよぼす影響. 日線虫研誌 **6**, 9-12.
- 87) 堤正明, 稲垣春郎 (1980) ジャガイモシストセンチュウの生理生態. ジャガイモシストセンチュウの防除に関する研究(農林水産技術会議事務局編) 研究成果 **127**, 57-60.
- 88) 上野賢司, 山田英一, 高倉重義, 今友親, 高宮泰宏 (1982) ジャガイモシストセンチュウとその防除対策. 第4報 輪作の効果と輪作作物の栽培法. 北農 **49**(10), 1-20.
- 89) Van dar Laan, P. A. & Bijloo, J. D. (1955) Bepaling van de vitaliteit van de cysteinhoud van het aardappel-cystenaaltje (*Heterodera rostochiensis* Woll.) door fluorochromeren met Acridine Orange. T. Pl. ziekten **61**, 67-75.
- 90) Wallace, H. R. (1955) Factors influencing the emergence of larvae from cysts of the beet eelworm, *Heterodera schachtii* Schmidt. J. Helminth. **29**, 3-16.
- 91) Wallace, H. R. (1963) The biology of plant parasitic nematodes. Arnold. 280pp. (62-69).
- 92) Whitehead, A. G. (1973) Control of potato cyst-nematode, *Heterodera rostochiensis* in three soil by small amounts of aldicarb, DuPont 1410 or Nema-cur applied to the soil at planting time. Ann. appl. Biol. **74**, 113-118.
- 93) Whitehead, A. G. & Fraser, J. E. (1972) Chemical control of potato cyst nematode in sandy clay soil. Ann. appl. Biol. **72**, 81-88.
- 94) Whitehead, A. G., Tite, D. J., Fraser, J. E. & French, E. M. (1973) Effect of trap-cropping and the artificial hatching agent picrolonic acid on the number of potato cyst nematode eggs in noil. Rep. Rothamsted Exp. Stn. 157.
- 95) Whitehead, A. G., Tite, D. J. & Fraser, J. E. (1973a) Effect of D-D, Telon or dazomet applied to potato ridges in spring on potato cyst-nematode, *Heterodera rostochiensis* in sandy loam and silt loam soils. Ann. appl. Biol. **24**, 105-111.
- 96) Whitehead, A. G., Tite, D. J. & Fraser, J. E. (1973b) Control of potato cyst-nematode *Heterodera rostochiensis* in sandy loam by DuPont 1410 (S-methyl-(dimethyl carbamoyl)-N-[(methyl carbamoyl)oxy] thioformimidate) applied to soil at planting time. Ann. appl. Biol. **73**, 325-328.
- 97) Whitehead, A. G., Tite, D. J., Fraser, J. E. & French, E.M. (1973) Control of potato cyst-nematode *Heterodera rostochiensis* in silt and peat loams by ten pesticides applied to the soil at planting time. Ann. appl. Biol. **73**, 197-201.

- 98) *Williams, T. D. (1958) The potato root eelworm (*Heterodera rostochiensis* Woll.) : Studies on some relationships plant an parasite in the family Solanaceae. Ph. D. Thesis, Cambridge University, 15299.
- 99) Winslow, R. D. & Willis, R. J. (1972) Nematode disease of potatoes (In Economic Nematology) 17-48. Academic Press.
- 100) 山田英一, 高倉重義 (1981) ジャガイモシストセンチュウに関する研究, 捕獲植物の検索と利用の試み, 北日本病虫研報 **32**, 57-66.
- 101) Yamada, E., Takakura, S. & Tezuka, H. (1972) On the occurrence of potato cyst nematode, *Heterodera rostochiensis* Wollenweber in Hokkaido, Japan. Jap. J. Nematol. **2**, 12-15.
- 102) 山田英一, 高倉重義, 上野賢司, 今友親, 高宮泰宏 (1982) ジャガイモシストセンチュウとその防除対策, 第1報 北海道の発生分布と生態, 北農 **49** (8), 1-26.
- 103) 山川邦夫 (1976) 抵抗性品種 (野菜の病害虫, 岸国平編) 528-556.
- 104) 山川邦夫 (1977) 野菜抵抗性品種とその利用 (野菜の病害虫, 全国農林教育協会) 67-103.
- 105) 湯原巖 (1973) 土性調査用保存土壌からのジャガイモシストセンチュウの発見, 応動昆 **17**, 162-163.
- *間接引用