

家畜糞によるダイズシストセンチュウの防除法

国際農林水産業研究センター まつ お かず ゆき
松 尾 和 之

はじめに

ダイズシストセンチュウ (*Heterodera glycines* ICHINOHE, 以下, SCN) は, 主としてマメ科植物を加害する線虫であり, 温帯を中心として世界中にその分布が知られている。特に, ダイズにおいては重要な生産阻害要因であり, 日本ではダイズの連作障害の原因の一つとされている。SCN の密度制御や被害軽減には, 土壤くん蒸剤や殺線虫剤等の化学的手段, 抵抗性品種や輪作等の耕種的手段あるいは天敵微生物等の生物的手段が有効とされるが, 化学的手段は環境問題から見直しが求められており, 生物的手段も実用化には時間を要する。このため, 抵抗性品種の栽培や輪作が現実的な防除手段となるが, いくつかの問題も指摘されている。すなわち, 主要なダイズ生産国で抵抗性品種の育成が精力的に行われているものの, 本線虫には複数のレースが存在し, 抵抗性品種の連続的な作付けは抵抗性を打破するレースを台頭させる (GOLDEN, 1970)。また, 本線虫は各種の環境ストレスから卵を保護するシスト (包囊) や休眠によって長期にわたって生存が可能であることから, 多発圃場では3年以上の宿主作物の休閑が必要とされる (SHIMIZU et al., 1989)。一方, 宿主範囲が限られることは, 卵のふ化を促進する手段が開発されれば人為的な線虫密度の制御が可能であることを意味している。これまでにも, このような観点からふ化促進物質の探索に多大な努力がなされ, *in vivo* でふ化促進効果を有する多くの化学物質 (FUKUZAWA et al., 1985; CLARKE and SHEPHERD, 1966; MASAMUNE et al., 1982; 岡田, 1977) が見出されているが, 土壤中でも活性を示すという物質はいまだ見出されていない。

筆者らは, 乾燥牛糞を用いた養分収支の作物間比較試験において, イネ科作物が乾燥牛糞処理で旺盛な生育を示したのとは対照的にダイズで著しい葉の黄化が見られ, しかもその根にはおびただしいSCN 雌成虫の着生が観察されるという極めて奇妙な現象を見いだした。本報告は, この現象を発端として, SCN 防除における家

畜糞の利用までの一連の検討結果を取りまとめたものである。

I 乾燥牛糞のSCN に対する効果

土壤中のアンモニア態, 硝酸態窒素がSCN のふ化を抑制することが知られており (LEHMAN et al., 1971), また, 筆者ら (1993 b) は, 乾燥牛糞を施用すると有機化によりこれらの成分が急激に減少することを報告している。そこで, SCN 雌成虫増加という現象の確認を兼ねて, 土壤無機態窒素やダイズ生育の変化との関連性を検討した結果が表-1 である。乾燥牛糞処理では, 無処理, 化学肥料あるいはショ糖処理をはるかに上回る雌成虫の着生が観察された。土壤中の無機態窒素や植物体の窒素含有率にも処理による有意差が認められたが, これらの項目について乾燥牛糞と同様な効果を有するショ糖処理では雌成虫の増大は見られないこと, 乾燥牛糞と化学肥料併用処理の雌成虫数は各単独処理の中間的な値を示すことなどから, この現象が乾燥牛糞処理に伴う土壤化学性や作物の栄養状態の変化によって引き起こされた可能性は低く, 単に侵入可能な2期幼虫数が増加したためと推察された。

SCN のレース判別に一般的に用いられるダイズ品種・系統を用いて, 乾燥牛糞の効果を見たものが表-2 である。PI 90763 では, いずれの処理でも雌成虫の着生は認められなかったが, それ以外の品種・系統では, 乾燥牛糞処理によって雌成虫数は大幅に増大した。しかしながら, 基準品種 'Lee 68' を100とした場合の各品種・系統の雌成虫数の相対値には, 処理による大きな変化は認められなかった。このため, ダイズの感受性の変化を介してこの現象が生じた可能性も低いと考えられた。ちなみに, SCN のレース判定は上記判別品種の相対値を用いて行われる。このため, 雌成虫の着生が少ない場合などには, 判別精度は著しく低下することになる。乾燥牛糞処理は, 雌成虫の絶対数は増大させるものの, SCN 感受性の相対関係には影響しないことから, 低汚染土壌を用いたレース判定のような場面に適用できるかもしれない。

次に, このような現象が畜種や飼養条件によってどのように変化するかを検討したところ, その促進程度に差異はあるものの, すべての家畜糞処理で無処理および化

Control of Soybean Cyst Nematode with Animal Feces.
By Kazuyuki MATSUO

(キーワード: 家畜糞, ダイズシストセンチュウ, ふ化促進, 防除法)

表-1 各種資材の処理がダイズシストセンチュウ雌成虫着生数、ダイズ生育量、ダイズ窒素含有率および土壌無機態窒素に及ぼす影響

処 理	雌成虫数 (株当たり)	ダイズ乾物重 (mg/株)	ダイズ根長 (m/株)	ダイズ N 含有率 (mg/g)	土壌無機態窒素 (mg/kg)
無処理	7.7 c	471.5 ab	20.1 ab	22 b	22 b
乾燥牛糞 10 g	278.3 ab	602.2 ab	24.4 a	16 a	11 a
乾燥牛糞 20 g	431.0 a	567.7 ab	19.1 b	15 a	9 a
ショ糖 30 g	12.3 c	429.7 b	18.0 b	17 a	4 a
NPK 0.88 g	8.0 c	643.6 a	19.6 ab	29 c	143 d
乾燥牛糞 20 g+NPK 0.88 g	183.7 b	648.5 a	22.1 ab	27 c	95 c

注1) 雌成虫着生数は、ダイズ播種 21 日後に肉眼で計数した。

注2) それぞれの資材の処理量は、乾土 1 kg 当たりで示した。

注3) 異なるアルファベットを添えた数値は5%水準で有意差がある。

表-2 各種資材の処理とダイズシストセンチュウレース判別品種における雌成虫着生との関係

品種系統	処 理					
	乾燥牛糞		化学肥料		無処理	
	雌成虫数	同指数	雌成虫数	同指数	雌成虫数	同指数
Lee 68	283.5±13.6	100	6.0±1.2	100	21.8±3.8	100
Pickett 71	31.7±6.2	13.3	0.5±0.3	8.3	1.8±0.4	8.0
Peking	18.0±2.7	7.5	0.8±0.2	12.5	2.3±1.1	10.3
PI 88788	91.8±10.3	38.5	1.8±0.4	29.2	8.5±1.2	39.1
PI 90763	0.0±0.0	0.0	0.0±0.0	0.0	0.0±0.0	0

注1) 雌成虫着生数は、ダイズ播種 21 日後に肉眼で計数した。

注2) 雌成虫数指数は、'Lee 68' の雌成虫数を 100 とした指数。

注3) 表中の値は平均値±標準誤差。

表-3 各種家畜糞の土壌処理がダイズへのダイズシストセンチュウ雌成虫の着生と土壌無機態窒素に及ぼす影響

処理	畜種	生産者	家畜糞中の無機態窒素含有率		雌成虫数		土壌無機態窒素 (mg/kg)
			(mg/kg)	(株当たり)	単位根長当たり (/m)		
CF 1	搾乳牛	NARC*1	871	668 a	33 b	8.2 d	
CF 2	搾乳牛	NRIAI*2	1086	315 c	23 bc	2.5 e	
CF 3	育成乳牛	NRIAI	705	684 a	50 a	3.3 e	
CF 4	育成肉牛	NRIAI	651	515 ab	47 a	4.1 e	
LF	産卵鶏	NRIAI	1367	349 bc	18 c	15.3 c	
PF	豚	NRIAI	1937	239 cd	18 cd	48.4 b	
化学肥料				28 d	2 d	103.2 a	
無処理				94 d	5 d	13.4 c	

注1) *1: 農業研究センター; *2: 畜産試験場。

注2) 異なるアルファベットを添えた数値には5%水準で有意差がある。

学肥料処理の雌成虫数を上回る値を示した(表-3)。本報では詳述しないが、乾燥牛糞の雌成虫着生についての促進効果は、アンモニア態窒素や硝酸態窒素の添加によって低下するという試験結果が得られている。また、家畜糞中の無機態窒素濃度と雌成虫数との間には負の相関が認められることから、この影響を考慮すると畜種や飼

養条件のいかんにかかわらず、このような作用は家畜糞に一般的に認められるものと考えられる。

有機物の施用がある種の線虫密度の低下や線虫害の軽減に効果のあることは、これまでも数多く報告されている(近岡ら, 1981; TOIDA et al., 1993)。その作用性については必ずしも明らかにされているとは言えないが、

表-4 乾燥牛糞処理およびダイズの有無がダイズシストセンチュウのふ化に及ぼす影響

処理	ダイズの有無	土壤中の2期幼虫数 (A)* ¹		残卵数 (B)* ²		ふ化率 (A/(A+B))×100	
		乾燥牛糞後の経過日数					
		9	14	9	14	9	14
乾燥牛糞	あり	31.7 b	25.1 a	40.3 b	51.1 a	48.6 a	32.9 a
乾燥牛糞	なし	43.8 a	20.3 ab	47.3 b	69.7 a	47.9 a	28.3 a
無処理	あり	5.5 c	11.4 b	56.8 b	85.2 a	8.6 b	16.6 ab
無処理	なし	3.2 c	2.9 c	107.9 a	80.0 a	2.9 b	3.6 b

注1) *¹:ベルマンロート法により20gの生土から分離,*²:ふるいわけ法により分離。

注2) 異なるアルファベットを添えた数値には5%水準で有意差がある。

中菌(1990)は,(1)線虫行動の阻害,(2)天敵密度の増加,(3)有機物由来の有害物質,(4)作物の線虫耐性の付与,および(5)作物生育促進と線虫害の補償に分類している。(1)~(3)は線虫に対する抑制作用であるが,本試験で認められた促進的とも言えるような作用は,既往の知見とは明らかに性格を異にするものである。

II 雌成虫着生増加のメカニズム

SCNのふ化は,マメ科植物の根からの分泌物によって著しく促進されることが知られている。本研究では,ダイズを検定植物として用いていることから,その分泌物と乾燥牛糞の相乗の効果,あるいはダイズ根に侵入した2期幼虫の生存率が高まる可能性も否定できない。そこで,ダイズに乾燥牛糞を施用して,ベルマンロート法により土壤中の2期幼虫を分離計測したところ,ダイズの有無にかかわらず,土壤中の2期幼虫数は乾燥牛糞処理によって増加し,残卵数から算出したふ化率も無処理に比べ高い値を示すことが判明した(表-4)。したがって,乾燥牛糞は宿主植物とは無関係に2期幼虫の土壤への游出を促進する効果を有しており,その結果としてダイズへの雌成虫着生数が増加したものと考えられた。

次に,乾燥牛糞の粗分画物の土壤への処理がダイズへの雌成虫着生に及ぼす影響について検討した(図-1)。最も高い効果を示したのは有機相画分処理であり,乾燥牛糞現物および対照区を大きく上回る雌成虫数が観察された。これに対して,水相画分および80%メタノール抽出残さ処理の効果は,有機相画分処理を大きく下回るものであった。活性の高い有機相画分を液-液分配によってさらに分画し,その強酸性,弱酸性および中性画分について土壤処理を行い,土壤中の2期幼虫密度(ベルマンロート法)およびダイズに対する雌成虫着生数への効果を検討したところ,いずれにおいても中性画分で最も高い活性を示し,この中性画分の高速液体クロマトグ

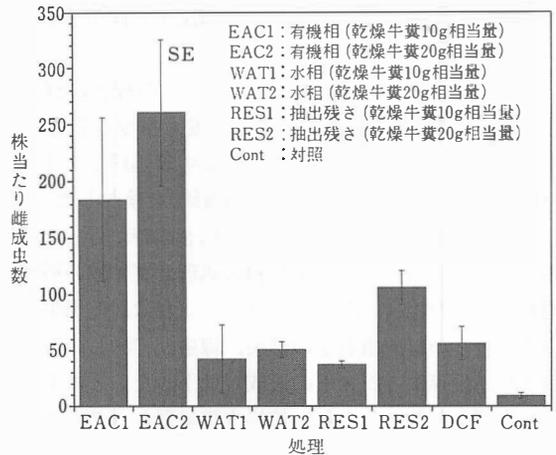


図-1 乾燥牛糞粗抽出物がダイズへの雌成虫着生に及ぼす影響

注1) 雌成虫数は播種18日後に肉眼で計数した。

注2) 処理量はいずれも乾燥牛糞換算である。

ラフィーによる分画物は,極めて強いふ化促進作用をもっていることが明らかになった。ところで,このようなふ化促進効果は乾燥牛糞をオートクレーブで処理しても失われない(MATSUO et al., 1992)ことから,活性物質は熱に対して安定的であり,しかもなおこの活性を有する画分は,pHのいかにかわらず水には不溶であることから極めて疎水性の高い物質であると考えられるが,物質を特定するまでには至っていない。

III 乾燥牛糞処理と宿主不在期間を組み合わせた防除法

SCNは,自由生活を行う線虫とは異なり,宿主が存在しない環境下では生存できない。このため乾燥牛糞処理のふ化促進効果は,防除手段としても利用できることになる。そこで乾燥牛糞を処理した後,ダイズ播種時期と処理から播種までの期間のチャンパー温度とをかわえてダイズ根における雌成虫着生数を調べた。その結果は

図-2に示すように、乾燥牛糞処理後からダイズ播種までの期間が長くなるにつれて、雌成虫は減少した。また、処理からダイズ播種までの期間のチャンパー温度を20°Cに設定した場合は25°Cの場合に比べ雌成虫数の減少は比較的緩やかであったが、いずれの条件でも乾燥牛糞処理後60日目に播種すると雌成虫の着生は認められなくなった。このことは、乾燥牛糞処理後60日程度宿主が不在であれば、その大半は餓死ないし宿主作物への侵入能力を失うことを意味している。もちろん、ダイズを乾燥牛糞処理直後に播種した場合には雌成虫着生数は大幅に増加するわけで、宿主の有無によって、乾燥牛糞は線虫害の助長と抑制という全く相反する作用を示すといえる。

ところで、SCN 防除においては、その被害の軽減だけでなく跡地におけるシスト密度も重要な指標となる。そこで、屋外ポット条件で乾燥牛糞処理とダイズ播種期が跡地のシスト密度に及ぼす影響を検討した(図-3)。乾燥牛糞の処理とダイズの播種を同時に行った場合の跡地シスト密度は、化学肥料の処理とダイズの播種を同時に行った場合と差がなかった。これは、乾燥牛糞処理では著しい雌成虫着生の結果、線虫間で激しい競合がおり、生存率とシストの形成が低下したことによるものと推測された。しかし、乾燥牛糞処理からダイズ播種までを30日以上あけると、シスト密度は化学肥料に比べ大幅に減少した。このことから、乾燥牛糞処理と宿主不在期間をうまく組み合わせることによって、シスト密

度を低下させることができると考えられる。

以上のようなモデル試験の結果に基づいて、実際のダイズ栽培圃場で乾燥牛糞の施用の効果を調べた。なお、図-4に各試験区における乾燥牛糞の11月施用処理直前のシスト密度とダイズ収量の関係を示した。いずれの処理でもシスト密度が高いほど収量は低くなったが、乾燥牛糞の5月施用処理では収量低下の程度が小さかった。一方、化学肥料と乾燥牛糞の11月施用処理では、収量が著しく低下した。こうした施用時期による効果の差異は、SCN の卵が休眠性を有する (ROSS, 1963; OKADA, 1974) ことが原因の一つと推察される。

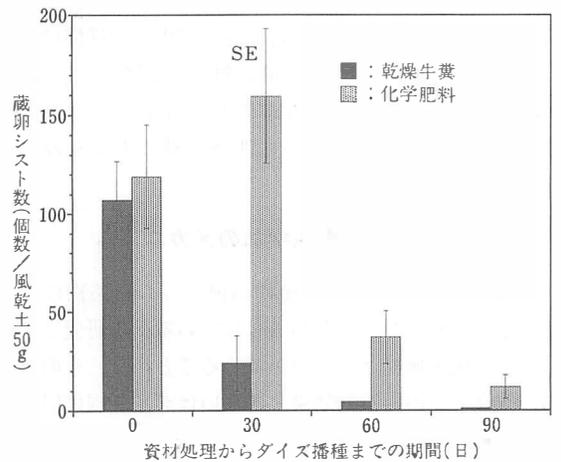


図-3 ダイズ (品種: 'タチナガハ') 収穫跡地の蔵卵シスト数に及ぼす資材処理とダイズ播種期の影響

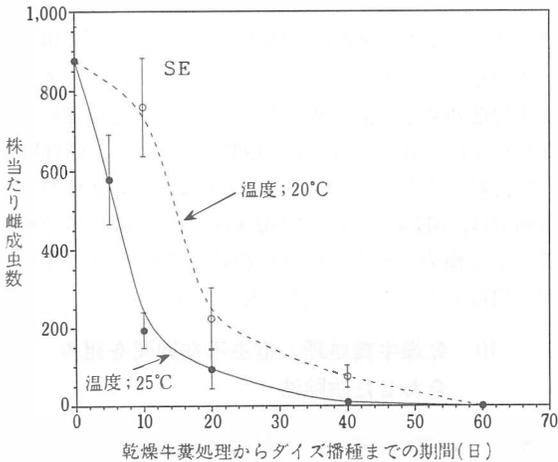


図-2 乾燥牛糞施用からダイズ播種までの日数が雌成虫着生数に及ぼす影響

- 注1) 雌成虫数は、各々の播種時期につき播種18日後に肉眼で計数した。
- 注2) 温度は、乾燥牛糞の処理からダイズ播種までの期間のチャンパー温度である。

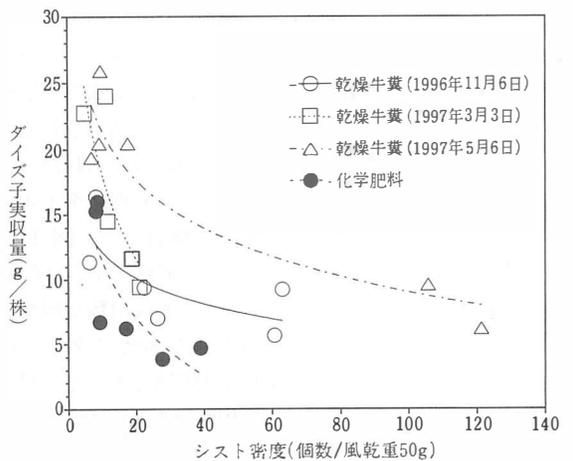


図-4 時期を異にする乾燥牛糞処理および化学肥料処理条件でのダイズシストセンチュウのシスト密度とダイズ (品種: 'エンレイ') 収量の関係
注) シスト密度は、1996年11月5日に採取した土壌における値である。

本試験は、夏作におけるダイズ栽培を前提として乾燥牛糞による線虫害軽減を図ろうとしたものであるが、乾燥牛糞を初夏に施用後、非宿主作物を夏作に作付けて線虫密度の低下を図り、翌年以降のダイズ作に備える栽培体系も考えられる。例えば筆者ら (1993 a) は、トウモロコシ-大麦の2毛作体系において本試験と同等の乾燥牛糞施用 (窒素換算で 360 kg/ha) によって、化学肥料施用並の収量を確保できることを明らかにしている。このような2毛作の翌年にダイズを作付ければ、乾燥牛糞の効果をさらに確実なものにし得ると考えられる。言うまでもなく家畜糞は多くの養分を含む資材であり、その利用は土壌の化学性等にも影響を及ぼし、時には環境負荷を招くことも考えられる。このため、家畜糞の有する線虫制御機能の利用についても適正な作物配置、施肥管理といった要素を考慮したシステム化が今後必要であろう。

おわりに

作付体系研究における圃場試験では、圃場の履歴、管理作業や当年の気象等多くの要因が関与することから、不可解かつ期待を裏切る事象に頭を悩まされることがしばしばである。そして結果が属地的であること、また再現性を得ることが困難な場合が多く、これは科学ではないと酷評されることも多い。しかし、これらの事象は起こるべくして起きたものであり、摩訶不思議に見えるのは我々の知識がそれを理解する水準に達していないだけであろう。作付体系は作物栽培の基本であり、作付体系研究には個別の技術を活用しながら耕地という場を効率的かつ持続的に利用する方策が求められている。しかし、そのために実施される圃場試験は問題発掘の場としても貴重であり、新たな管理技術開発の端緒が隠されて

いるといえる。本研究は冒頭で述べたように、家畜糞を使った養分収支試験の失敗にその端を発し、筆者なりにこの現象を理解しようと努めたものの、それが批判に耐えるものであるのかと自問すると極めて心許ない。しかしながら、本報告についての批判とともに病虫害の発生抑制あるいは被害軽減といった有機物の機能について新たな研究の展開が始まるとすれば、筆者にとって本望とするところである。

本研究の遂行に当たって、農業研究センター作付体系研究室 山本泰由室長には常に貴重な助言と激励を、また、元 同線虫害研究室 清水 啓室長 (現 国際農林水産業研究センター) には、試験方法等について手取り足取りのご指導を頂いた。この場を借りてお礼を申し上げます。

引用文献

- 1) 近岡一郎 (1971) : 神奈川農試共研報 2: 1~50.
- 2) CLARKE, A. J. and A. M. SHEPHERD (1966) : *Annals of Applied Biology* 58: 497~508.
- 3) FUKUZAWA, A. et al. (1985) : *Journal of the Chemical Society* 4: 222~24.
- 4) GOLDEN, A. M. et al. (1970) : *Plant Disease Reporter* 54: 544~546.
- 5) LEHMAN, P. S. et al. (1971) : *Nematologica* 17: 467~473.
- 6) MASAMUNE, T. et al. (1982) : *Nature* 297: 495~496.
- 7) MATSUO, K. et al. (1994) : *Japan Journal of Nematology* 24: 69~74.
- 8) 松尾和之ら (1993 a) : 日本作物学会紀事 62 (別1) : 58~59.
- 9) ———ら (1993 b) : 同上 62 (別1) : 60~61.
- 10) 中鹽和年 (1990) : 植物防疫 44: 535~38.
- 11) OKADA, T. (1974) : *Applied Entomology and Zoology* 9: 49~51.
- 12) 岡田利承 (1977) : 日本線虫学会誌 6: 1~49.
- 13) ROSS, J. P. (1963) : *Phytopathology* 53: 608~9.
- 14) SHIMIZU, K. et al. (1989) : *Extension Bulletin No. 302, Food and Fertilizer Technology Center. ASPAC* : 7~9.
- 15) TOIDA, Y. et al. (1993) : *Japan Journal of Nematology* 23: 90~93.

発行
日本植物防疫協会

作物病原菌研究技法の基礎

〈分離・培養・接種〉 大畑 貫一 他編

B5判 342頁 定価8,360円(本体7,962円+税) 送料340円

植物病理学の実験では病気の生態を熟知し、対象となる病気を思うように発病させることが重要です。本書は病原菌の分離・培養・保存・接種・発病調査法および薬剤の効果検定法を、第一線で活躍されている方々に執筆していただいた実験の手引書です。

ご購入は、直接本会「出版情報グループ」に申し込むか、お近くの書店でお取り寄せ下さい

(社)日本植物防疫協会 〒170-8484 東京都豊島区駒込1-43-11 Tel(03)3944-1561 Fax(03)3944-2103