

メチオニンの土壌施用によるネコブセンチュウ等土壌線虫密度 およびトマト幼苗に対する影響

皆川 望^{*1}・片山勝之^{*2}・三浦憲蔵^{*3}

I はじめに

地域先導技術総合研究「関東平野における高品質野菜の環境保全型生産技術の開発」の現地実証試験の実施等に協力をいただいた谷和原村蔬菜出荷組合（茨城県筑波郡谷和原村）の組合員の微生物資材を使用している圃場を調査したところ、キタネコブセンチュウ (*Meloidogyne hapla*) の密度が顕著に低下していることを見いだした。このことを、ネコブセンチュウの生物防除資材「パストリア水和剤TM」の研究開発を行った(株)ネマテックの元社長川田弘志氏に伝えたところ、川田氏が当時勤務する保土谷アグロス(株)の研究所(つくば市)で試験を行い、以下のことが明らかとなった(川田、私信)。①購入した同じ資材をサツマイモネコブセンチュウ (*M. incognita*) を含む土壌に混和すると線虫密度が減少した。②蒸気滅菌処理した上記資材を土壌に混和すると、この処理をしないのものと同様の効果が

見られ、このことから、効果は微生物によるものではなく、資材に含まれる微生物以外の成分によると判断される。③微生物の培養に使われるペプトンを土壌に混和することによって、上記資材を使用した場合と同様の効果が見られた。④タンパク質(ペプトン)の主要成分であるアミノ酸の中でも安価なメチオニンを土壌に混和することによって、ペプトンを使用した場合と同様の効果が見られた。

この結果を受けて、農家圃場で見られた線虫密度の低下はメチオニンが関わっている可能性が高いと判断し、線虫密度の低下および作物の生育へのメチオニンの影響について試験を行うこととした。

なお、上記資材の販売促進用パンフレットには、本資材の施用と太陽熱処理と組み合わせた、センチュウ、野菜類菌立枯病等を対象とする「有益菌をふやす画期的な土壌消毒法」の解説がある。

II 材料および方法

(1) 圃場調査

a. 調査圃場：前年(1996年)のラッカセイ栽培によってキタネコブセンチュウの密度が高くなった谷和原村の農家圃場(約15a)。

b. 処理：1997年3月下旬に、上記圃場を三つに分け、それぞれの区画に、微生物資材2種および発酵豚糞それぞれ200kg/10aを土壌混和。

c. 調査項目および期間：線虫密度を、資材混和1カ月後の4月下旬から後作のネギ栽培期間中にかけて調査。

d. 土壌サンプリング：各施用区の対角線方向

にそれぞれ10カ所(合計で20カ所)から深さ15cm程度までの土壌を移植こてを用いて合計1kg程度を採取。

e. 線虫分離：採取した土壌をよく混ぜた後、バルマン法(土壌20g、紙フィルター(キムワイプTM 1枚)、72時間、室温、3反復)で線虫を分離。

f. 線虫計数：分離された線虫を40~100倍の顕微鏡下で計数。

(2) ポット試験

a. 供試線虫：農業研究センター谷和原畑圃場(谷和原村)の甘しよの線虫抵抗性検定圃場におい

平成14年9月27日受付 平成15年11月10日受理

*1 現 九州沖縄農業研究センター地域基盤研究部

*2 現 企画調整部

*3 現 東北農業研究センター地域基盤研究部

て増殖したサツマイモネコブセンチュウ (千葉県四街道市から導入)。

b. 供試土壌：黒ぼく土。1kg/ポット。

c. 供試作物：トマト (品種：強力米寿) 芽出し種子をポット当たり5粒播種。

d. 処理：①土壌の風乾の有無 (ガラス室で2週間)、②DL-メチオニンの土壌混和の有無 (0.6g/kg土壌)、③メチオニン混和土壌のポリエチレン袋への密封の有無 (25°Cで1週間)。これらを組み合わせ合わせた8処理 (表2)。

e. 施肥：ポット当たり、高度化成 (N-P-K=15-15-15) を1.6g、石灰を2g施用。

f. 栽培条件：25°Cの人工気象室で28日間。

g. 使用ポットおよび反復数：1/10,000aワグネルポット。8処理×3反復。

h. 調査項目：メチオニン処理前と処理7日後 (トマト播種時) の線虫密度 (上記圃場調査と同じ方法)、播種4週間後の線虫密度、同トマトの被害 (根こぶ指数)・生育 (茎長・茎葉生重)

Ⅲ 結 果

(1) 圃場調査 (表1)

微生物資材Aの施用によって、施用約1カ月後に土壌20gからベルマンロート法によって調査したキタネコブセンチュウ第2期幼虫の密度は、発酵豚糞を施用した区の7%の7.3頭となった。また、発酵豚糞と比較した資材Bの施用1カ月後の線虫密度は3.4倍の364.3頭であった。しかし、その後のネギ栽培中の7月下旬には、資材Aを施用した区の線虫密度が、他の資材を施用した区と比較して若干高い傾向が見られた。また、ネギの収穫が行われた8月中

旬には、資材Aを施用した区と同線虫の密度は他の資材施用区より低かったが、資材の違いによる差は縮小した。

キタネグサレセンチュウは密度が低く、処理の違いによる影響は判然としなかったが、資材Aの施用区においては他の資材の施用区と比較して低かった。また、自活性線虫の密度は、いずれの調査時点においても、資材AおよびBの施用による密度の減少は認められなかった。

表1 微生物資材などを施用した圃場(谷和原村農家)の線虫密度

線虫	資材	線虫密度		
		(調査日)	4.24	7.24
キタネコブ	資材A	7.3(7)	2.7	57.3(41)
	資材B	364.3(340)	1.7	174.7(125)
	発酵豚糞	107.0(100)	0	139.3(100)
キタネグサレ	資材A	1.0(33)	0	0.7(8)
	資材B	0(0)	2.7	12.0(138)
	発酵豚糞	3.0(100)	0	8.7(100)
自活性線虫	資材A	280.0(113)	152.7	921.3(143)
	資材B	186.3(186)	115.0	913.3(142)
	発酵豚糞	247.0(100)	90.0	645.3(100)

注1) 作付け：1996年にラッカセイ、1997年5月～8月にネギ。

注2) 資材施用：1997年3月下旬 200kg/10aを土壌混和。

資材A：好嫌気性複合菌群 (メーカーによる表示)。

資材B：アゾトバクター、根粒菌、光合成細菌、硫黄細菌、硝化細菌、繊維素分解菌、酵母菌、乳酸菌、好熱菌等90種以上 (メーカーによる表示)。

注3) 線虫密度：ベルマン法 (土壌20g, 3反復, 72時間, 室温, 紙フィルター使用) によって線虫を分離 (1997)。

表2 メチオニンの土壌混和によるサツマイモネコブセンチュウ密度の変化とトマトの生育

処 理			ネコブセンチュウ密度(土壌20g当たり)				トマト被害・生育(播種4週間後)		
土壌	密封	メチオニン	処理前	処理7日後	播種4週間後	根こぶ階級値	茎長(mm)	茎葉生重(g)	
風乾	無	0	27.8±6.5	18.2±5.7	7.4±2.2	0.9±0.25	13.1±0.4	2.0±0.19	
"	"	0.6g	"	0.1±0.14	0.2±0.14	0	13.1±1.1	2.3±0.26	
"	有	0	"	12.2±4.2	8.5±1.3	2.2±0.57	12.3±0.9	1.7±0.33	
"	"	0.6g	"	0	0	0	13.2±0.4	2.2±0.14	
新鮮	無	0	69.6±23.4	78.2±31.1	69.3±4.0	4.0±0	7.5±1.2	0.5±0.18	
"	"	0.6g	"	10.3±11.1	6.3±1.5	0.4±0.16	12.9±0.4	2.4±0.08	
"	有	0	"	111.1±55.5	45.4±24.6	4.0±0	7.6±0.8	0.5±0.03	
"	"	0.6g	"	2.4±2.7	7.1±4.1	0	12.8±0.5	2.4±0.17	

注1) 反復数：各処理ごとにポット3個(1/10000aワグネルポット)を使用。
 注2) ネコブセンチュウ密度：ベルマン法(土壌20g, 72時間, 室温, 紙フィルター使用, 各ポット3反復(処理前のみ5反復))によって分離した線虫数(3ポット平均±標準偏差, 各ポットの値は土壌20g 3反復の平均を使用)。
 注3) トマト被害・生育：メチオニン添加処理の1週間後(無処理についてはメチオニンは添加はしないが, 処理土壌と同様に攪拌した後, 静置)に, 各ポットに5粒のトマト種子を播種。上記数値は, 播種4週間後トマトの被害および生育状況(3ポットの平均±標準偏差, 各ポットの値はトマト5本の平均を使用)。
 注4) 根こぶ階級値(線虫寄生に伴う根こぶの形成程度)：0：無, 1：少, 2：中, 3：多, 4：甚, 上記数値は, 3ポットの平均±標準偏差(各ポットの値はトマト5本の平均を使用)。

(2) ポット試験(表2)

サツマイモネコブセンチュウ密度は, メチオニンの土壌施用(60kg/10a相当)によって顕著に減少した。この減少は, 施用の1週間後には認められ, その後は処理4週間後までの間に大きな変化は見られなかった。また, トマトにおけるネコブセンチュウの被害(根こぶ階級値)もごく軽微であった。ただし, この効果は, プラスチックフィルムによるマルチを想定した, 土壌のポリエチレンバッグへの密

封の有無による差は見られなかった。また, 土壌水分とメチオニンの効果の関係を調査するため, 風乾した土壌にメチオニンを混和した場合と風乾しない土壌へ混和した場合を比較した。風乾によって, メチオニン添加の有無にかかわらず, 処理7日後のネコブセンチュウの密度は低下したが, メチオニンを添加しない場合と比較して, 添加した場合には低下の程度が顕著であった。

IV 考 察

農家による微生物資材の使用は施用後に知ったため, 施用前の線虫密度の調査データはなく, また, 処理区の反復もないが, 圃場全体を使って前年にラッカセイを栽培していることから, 施用前のカタネコブセンチュウの密度は高い状態であったと推定される。

資材Aを施用した区のカタネコブセンチュウの第2期幼虫検出数は, 資材B施用と比較して2%であり, 残り98%が死亡したあるいは運動能力を失ったと推定される。このことから, 資材Aによる防除効果は, 殺線虫剤を施用した場合とほぼ同程度と言える。施用した資材の表示によると, 成分は好嫌気性複合菌群とされているが, 緒言で書いたように, (株)保土谷アグロスの試験によって, 線虫密度低減効果を有するのは微生物ではなくこの資材に含まれ

るアミノ酸の一種であるメチオニンの可能性が高いと判断される。

この圃場には5月にネギが作付けられ, 7月下旬の調査時の線虫密度は, 資材Aの施用区だけでなく, 資材Bおよび発酵豚糞の施用区においても減少した。資材A施用区の線虫密度は, 4月23日の7.3頭が7月24日は2.7頭と4.6頭の減少であるのに対し, 資材Bでは同じ期間の減少が362.6頭となり, この差は約79倍であった。土壌中の幼虫の大部分が根に浸入し, その多くが成長して産卵すれば, 8月19日時点の線虫密度は, 非常に大きな差が生ずるはずであるが, 両処理区の線虫密度の差は, 3倍程度にとどまっている。

このことから, この減少の原因は, 土壌中からネギの根への侵入によるものが一部あるが, 大部分は,

前年に栽培されたラッカセイで増殖し土壤中で越冬した幼虫の死亡によるものと推定される。

8月中旬の密度の増加は、ネギの根に侵入した幼虫が成長して成虫となり、これらが産んだ卵から孵化した幼虫が土壤中へ遊出したことが原因と考えられる。

谷和原村の農家圃場で発生しているキタネコブセンチュウとは別種のサツマイモネコブセンチュウを対象とした、人工気象室でポットを用いて行った試験においてメチオニンの効果は明確に見られた。この試験は予備的なものであるが、この結果の学会⁽²⁾および研究成果情報⁽³⁾の発表は、多くの関心呼んだ。その後、茨城県で実施した圃場試験によっても効果が確認されているが⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾、必ずしも高い効果が得られない事例もあり効果は安定的ではない。また、キタネグサレセンチュウに対するメチオニンの密度抑制効果は、本研究で行った農家圃場の調査結果では判然としなかったが、他の調査事例(未発表)では認められなかった。

生産者がメチオニンを線虫防除資材として使用するためには、安定的に線虫防除効果を発揮させる条件の解明、成分調整等高い効果を安定的に実現する処方検討、製剤技術の開発、さらに農薬登録とその前提となる製品の毒性試験等が必要となる。今後、これらについての検討がさらに必要である。なお、成分調整についての特許出願は、川田・涌井⁽¹⁾および皆川・水久保⁽⁴⁾が行っている。

また、この試験を実施した1997年当時、メチオニンは農薬登録されていないことから(2003年4月時点も同様)、生産現場で実際に使える技術開発を目的とする地域総合研究において、この物質の使用は技術体系の実証試験には組み込まないこととした。

メチオニンをはじめ、フェニルアラニン、バリン等アミノ酸の農薬的な利用については、欧米において1950年代からの研究があり⁽¹²⁾、1970年代にも研究が継続され、ネコブセンチュウ、シストセンチュウ等の有害線虫や植物病原菌類に対して防除効果を持つことが確認された。その後も有害線虫に対する効果についての論文が散発的に発表されているもの

の、世界的に見て、メチオニン等アミノ酸が実用的な農薬として使用されている国はない。また、ネコブセンチュウに対するメチオニンの作用については、植物体を通じて、あるいは、接触によってなどいくつかの説が発表されている⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾。しかし、諏訪・上田⁽¹¹⁾が述べているように、植物寄生性線虫に対する作用メカニズムの解明は今後の課題である。

メチオニンは、土壤中の細菌、糸状菌等を餌とする自活性線虫に対しては密度低減効果はなく、逆に、これら線虫は他の資材を施用した場合より若干増加の傾向がある⁽²⁾。このことから、土壤中の微生物は増加している可能性が高い。しかし、植物寄生性線虫には大きな影響を与える一方で、自活線虫へ影響がほとんど見られないが、この原因は現時点では不明である。

なお、有害線虫とともにトマト萎凋病菌(*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*)の密度抑制効果も認められている⁽⁵⁾。また、メチオニンは作物の生育にも影響を与え、土壤への施用によってカンショが増収するという報告がある⁽⁹⁾。

1960年前後はアミノ酸は高価な物質であり、当時は、欧米においても防除資材としてのアミノ酸利用は実用化されていない。近年、メチオニンは家畜飼料の添加物等として大量に生産され安価で供給されている。また、本研究においてはメチオニンの施用量を60kg/10a相当としたが、20kg/10aでも線虫密度抑制効果があると報告された⁽¹⁰⁾。このようなことから、メチオニンは、クロルピクリン等燻蒸剤とほぼ同程度あるいはそれに近い価格で使える実用的かつ環境負荷の小さい防除資材となる可能性を持つものと判断される。

ただし、生産者がメチオニンを線虫防除資材として使用するためには、防除効果の安定化を図る研究や農薬登録とその前提となる製品の毒性試験等が必要である。

最後となったが、この研究の端緒となる情報をいただいた川田弘志氏に厚くお礼を申し上げたい。

V 摘 要

(1) 圃場調査によって、微生物資材を施用した圃

場においてキタネコブセンチュウの密度が顕著に低

下する事例を見いだした。

(2) ポット試験によって、メチオニンの土壌混和によって、サツマイモネコブセンチュウの密度が大きく低下し、トマトへの線虫寄生程度が低下し、また、トマトの生育は良好となった。

(3) メチオニンの施用による自活性線虫の密度低

下は認められなかった。

(4) メチオニンは線虫防除資材として効果が期待されるが、2003年現在、メチオニンおよびこれを主な成分とする資材は農薬登録されていないことから、現時点では、生産者がメチオニンを線虫防除資材として使用することはできない。

VI 引用文献

1. 川田弘志・涌井 明 (2000) 土壌線虫相の改善方法. 特開2000-7506.
2. 皆川 望・片山勝之・三浦憲蔵 (1998) 植物寄生性線虫及び自活性線虫の密度並びにトマト生育に対するメチオニンの土壌施用の効果. 日線虫誌, 28, 28 (講要)
3. 皆川 望・片山勝之・三浦憲蔵 (1999) メチオニン (アミノ酸) の土壌混和のネコブセンチュウ密度低減効果. 研究成果情報 (総合農業), 平10, 224-225.
4. 皆川 望・水久保隆之 (1999) 線虫害抑制組成物および線虫害の抑制法. 特願平11-189274.
5. 水久保隆之・竹原利明・タラベラ・ミゲル (2001) トマトのサツマイモネコブセンチュウとトマト萎凋病菌の防除に及ぼすアミノ酸メチオニンと菌食性線虫 *Aphelenchus avenae* 処理の効果. 関東病虫研報, 48, 179-191.
6. Nidry, E.S., M.V. Chandravadana, R.M. Khan and M.S. Rao (1994) *In vitro* nematocidal activity of extracts of bulbs and seeds of onion against root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. Nematol. medit., 22, 37-40.
7. Reddy, P.P., H.C. Govindu and K.G.H. Setty (1975) Studies on the effect of amino acids on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* infecting tomato. Indian J. Nematol., 5, 36-41.
8. Reddy, P.P., H.C. Govindu and K.G.H. Setty (1975) Studies on the action of DL-methionine on *Meloidogyne incognita* infecting tomato. Indian J. Nematol., 5, 42-48.
9. 坂本 敏・井手義人 (1983) カンショの収量に及ぼすメチオニンの影響. 九農研, 45, 30.
10. 諏訪順子・上田康郎 (2001) トマトのネコブセンチュウに対するメチオニン施用の効果. 関東病虫研報, 48, 175-178.
11. 諏訪順子・上田康郎 (2002) トマトのネコブセンチュウに対するアミノ酸メチオニンの効果. 植物防疫, 56, 202-205.
12. van Andel, O.M. (1966) Amino acids and plant diseases. Ann. Rev. Phytopath., 4, 349-368.

Soil Application Effect of Methionine on the Root-Knot and Soil Nematode Densities, and Tomato Nursery Growth

Nozomu Minagawa ^{*1}, Katsuyuki Katayama ^{*2} and Kenzo Miura ^{*3}

Summary

Soil application of DL-methionine (0.6 g/kg soil) greatly reduced root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* density in pot, slightly promoted tomato seedling growth (4 weeks), but did not affect to free-living nematodes and maybe root-lesion nematode, *Pratylenchus penetrans*.

Received : 10 November 2003

*1 National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region

*2 National Agricultural Research Center

*3 National Agricultural Research Center for Tohoku Region