

東京都におけるエダマメのダイズシストセンチュウの発生と防除技術

(公財)東京都農林水産振興財団 東京都農林総合研究センター* おお 大 ばやし 林 たか 隆 し 司

はじめに

ダイズシストセンチュウ (*Heterodera glycines* ICHINOHE, 1952) は、最近の本誌でも取り上げられているように(相場, 2001; 串田, 2012), ダイズやアズキ, インゲン等のマメ科作物の重要害虫であり, 雌成虫が形成するシストによって卵が守られるため, 環境耐性が高く, 防除が困難な害虫である。

東京都内(以下, 都内とする)においてエダマメは直売品目として人気が高く, 消費地に近い有利性を活かして数十年前から栽培されており, 栽培は, 主に江東地域(葛飾区・足立区・江戸川区の3区)や練馬区, 世田谷区, 多摩地域等で行われている。江東地域のうち, 葛飾区・足立区の生産圃場では, 10年程前から葉の黄化, 生育不良, 収穫減少などが発生し(口絵①), 生産上の問題となっていた。これらを調査した結果, 現象は主に本種に起因していることが判明し, 多摩地域における発生も確認された(東京都病害虫防除所, 2005; 伊藤ら, 2006)。

そこで, 2005年度より都の関係機関(農業振興事務所, 農業試験場: 現・農林総合研究センター, 病害虫防除所, 農業改良普及センター: 主たる発生地域である中央農業改良普及センター)が連絡会を設置し, 被害状況の把握と防除対策の検討を開始した。この連絡会は, 2007年度に都庁農林水産部食料安全課ならびに島しょ地域を除くすべての農業改良普及センター(中央農業改良普及センターに加えて, 南多摩および西多摩農業改良普及センター)を加えたプロジェクトチーム(以下, PTとする)へと発展し, 防除薬剤の適用拡大試験や, 化学的防除法以外の耕種の防除法・物理的防除法等を含めた総合的防除法の検討を行っている(東京都農業振興事務所振興課, 2011)。

本稿では, 都内のエダマメ栽培地域における本種の発生状況と被害, ならびに防除対策についてのPTの取り

組みを紹介する。

I 都内における発生生態と被害

1 都内における本種の発生確認の経緯と発生状況

都内のエダマメにおける, 最も古い本種の発生記録は, 1997年に農業改良普及センターにより葛飾区内の1箇所の施設栽培で確認されたもので, 地上部の被害と根へのシストの付着を確認していた。その後2000年に, 病害虫防除所により, 葛飾区と足立区の圃場で本種の発生を確認した。この時点では, 被害発生圃場が限られていたために, エダマメの作付回避を指導するにとどまっていた。

さらに, 2001年に入ると, 収穫直前に葉が激しく黄化・落葉する症状を示す圃場が急増し(調査した20圃場中6圃場), 2002年にはさらに増加(調査した19圃場中14圃場)したため, 同年度から普及センターの課題「エダマメの生育障害対策」として取り組むこととなった。しかし, 当時は葉の黄化・落葉の主な原因は, 本種よりも病原菌や高温・乾燥障害が疑われていた。その理由としては, 葉が黄化・落葉する時期に圃場から引き抜いて根を調査しても, 本種のシストは成熟して褐色化し, 一部は脱落しており, 着生の確認が困難で, 見落とした可能性があったためと推測される。

被害の増加をうけ, 2003～05年にかけて, 病害虫防除所と農業改良普及センター, 農業試験場(現・東京都農林総合研究センター)が合同で巡回調査を行った結果, 2003～04年の調査で江東地域の11地点中6地点, 2005年の調査で江東地域の20地点中19地点, 多摩地域6地点中2地点で本種の発生が確認された(東京都病害虫防除所, 2005; 伊藤ら, 2006)。

本種によるエダマメの被害は, 2008年のデータで江東地域の足立区, 葛飾区の33生産者圃場の約300aで発生しており(東京都農業振興事務所振興課, 2011), ほかには多摩地域の府中市の一部で発生している。現在被害が集中しているのは江東地域の足立区と葛飾区である(図-1)。なお, 同地域の江戸川区は2010年までは発生が確認されていなかったが, 2011年に1地点で発生が確認されており, 直売向けの栽培が増加していることから, 発生地域の拡大が懸念される。

Occurrence and Management of the Soybean Cyst Nematode on Green Soybeans Crop in Tokyo. By Takashi OHBAYASHI

(キーワード: エダマメ, ダイズシストセンチュウ, レース, 東京都, ダゾメット, 散水蒸気消毒, 低濃度エタノール消毒)

* 現所属: 東京都小笠原亜熱帯農業センター



図-1 東京都のエダマメ圃場におけるダイズシストセンチュウの発生状況
(2005年2～8月調査(伊藤ら, 2006を改変)).

当然ながら、都内における本種による被害発生時期はエダマメの栽培時期に依存する。すなわち、江東地域における栽培時期は施設における3月定植～6月出荷の早出し出荷と、露地における4月定植～7月出荷であり、被害は開花～着実時期の6～7月に集中して発生している。

2 都内で発生している本種のレース

本種にはダイズの各品種に対して寄生性の異なるレースの存在が知られており、理論上は16、実際には12レースが確認されている。日本国内のレースはこのうちの1, 3, 5の3レースが確認されている(相場, 2001; 串田, 2012)。今後、抵抗性品種が育成された場合、導入に先立って栽培地域のレースが何であるかを明らかにしておく必要がある。そこで都内で被害が報告されている江東地域(葛飾区・足立区)、多摩地域(府中市)の7地点の本種のレース判別調査を実施した。レースの判別方法は、GOLDEN et al. (1970)によるレース国際判別法によった。なお、本判別法によって判別された日本国内のレース3個体群には、日本産のレース3抵抗性品種である‘下田不知’系の抵抗性を打破する系統としない系統があることが知られている(相場, 2001)。そこで、日本産の感受性品種‘エンレイ’と‘下田不知’由来のレース3抵抗性品種‘トヨコマチ’を各地点の汚染土で栽培し、‘エンレイ’の寄生シスト数を100とした‘トヨコマチ’の寄生シスト数の比率を求めた。

その結果、7地点のうち足立区の1地点がレース1と判別されたが、ほかの地点はレース3と判別された。また、レース3と判別された個体群の一部に、日本産の‘下田不知’系由来レース3抵抗性品種の抵抗性を打破するものがあることが明らかとなった。したがって、東京都内では地域によっては‘下田不知’系由来レース3抵抗性品種導入の効果が期待できない可能性が示唆され、将来的に抵抗性品種を導入する際には注意が必要である(大林ら, 2011a)。

II 防除対策

本種の防除法としては一般にD-D剤などの殺線虫剤による化学的防除法が中心となっているが、シスト内の卵を完全に死滅させることは困難である(相場, 2001)。また、都内のエダマメ圃場は住宅地に隣接している場合が多く、薬剤の使用が困難になりつつあり、またエダマメの抵抗性品種は極めて少ないことから、これら以外の防除法が求められている。ここでは、PTで検討したいいくつかの防除法について、化学的防除法(薬剤の適用拡大試験)も含め紹介する。

1 化学的防除法

(1) ダゾメット粉粒剤の効果確認(適用拡大)試験
本種による被害が顕在化してきたところ、エダマメの苗立枯病などに登録のあるダゾメット粉粒剤(ガスタード微粒剤, バスアミド微粒剤)を施用した圃場では、本種による被害が軽減することが経験的に知られていた。そこで、室内におけるポット試験で本剤の効果を確認したところ、根部のシスト付着数が極めて減少し効果が確認された。このため、2009年から都・産業労働局農林水産部食料安全室よりメーカーに対して適用拡大を働きかけ、農林水産省 消費・安全局植物防疫課に対して試験例数軽減の申請、ならびに茨城県農林水産部に対して適用拡大試験への協力要請を行った。その結果、2008～10年の東京都における効果試験データ3例(大林ら, 2011c; 表-1)と、2010年の茨城県における効果試験データ1例の合計4例のデータを2010年11月にメーカーに提出し、2011年5月に適用拡大された。

(2) その他の薬剤の効果試験など

既登録の薬剤であるオキサミル粒剤とカズサホス粒剤の効果比較試験や(大林ら, 2010b)、新規薬剤であるイミシアホス粒剤やホスチアゼート粒剤の適用拡大試験を実施している。

表-1 ダゾメット粉粒剤等処理後の収穫物の比較 (大林ら, 2011 c) ^{a)}

処理区	シスト ^{b)} 寄生程度	シスト ^{b)} 指数	葉色 (SPAD 値)		草丈 (cm)	株重 (g)	莢数 (個)	全莢重 (g)
			止葉	最下葉				
2008 年								
ダゾメット	1.6 a	40.0 a	50.7 a	49.6 a	61.0 a	121.1 a	24.9 a	53.9 a
D-D (対照)	1.5 a	36.7 a	49.8 a	50.0 a	58.7 a	105.0 a	22.4 a	49.7 b
無処理	2.4 b	61.7 a	35.7 b	24.3 b	42.3 b	49.8 b	12.8 b	23.4 c
2009 年								
ダゾメット	1.7 a	42.5 a	43.7 a	32.2 a	62.7 a	152.4 a	34.2 a	77.6 a
D-D (対照)	1.1 a	26.7 a	44.3 a	30.1 a	66.3 b	177.9 a	37.8 a	89.0 a
無処理	2.3 ab	58.3 a	39.9 b	22.1 b	61.6 a	113.2 b	25.3 b	52.6 b
2010 年								
ダゾメット	1.7 a	41.7 a	45.2 a	42.7 a	54.3 a	211.3 a	59.9 a	119.1 a
D-D (対照)	2.1 a	53.3 a	45.9 a	44.2 a	53.2 a	196.1 a	55.2 a	113.2 a
無処理	2.7 b	68.3 a	39.6 b	36.6 b	46.7 b	116.9 b	38.6 b	69.0 b

^{a)} 異なるアルファベット小文字は、同一年内で処理区間に有意差がある (シスト寄生程度は各処理 3 区画の結果をプールし N = 30 として処理間を比較し、他の項目は 1 区画の平均をもとに N = 3 として検定。

^{b)} シスト寄生程度; 無 (0): なし, 少 (1): わずか, 中 (2): 多くのシストあり, 多 (3): 根系全体に極めて多く着生, 甚 (4): 全体に鈴なり, かつ根の生育が著しく不良。

シスト指数 = Σ (シスト寄生程度別株数 $\times$ 指数) $\times$ 100 $\div$ (調査株数 $\times$ 4) $\times$ 100。

2 耕種の防除法

(1) 圃場への有機物 (乾燥牛糞) 施用の効果確認試験
本種の発生圃場への有機物の投入が, 被害軽減に有効であるという報告がある (上田・笠井, 1993; MATSUO et al., 1994; 松尾, 2000) ことから, 乾燥牛糞を本種の発生圃場に連続して 2 年間投入し, 土壤中の線虫 (本種ならびに自活性線虫) 数の変化を調査するとともに, エダマメを栽培して生育を比較した。その結果, 乾燥牛糞の投入により土壤中の自活性線虫が有意に増加し, 逆に本種が有意に減少する傾向が認められた。また, 収穫物の生育も, 乾燥牛糞投入区は未投入区と比較して有意に上回った (大林ら, 2010 a ほか)。

(2) 捕獲植物の効果確認試験

多くのマメ科植物は, 種によって程度は異なるが本種のふ化を促進する効果を持つ (相場・三井, 1995)。その中には本種に対して高い抵抗性を示すものがあり, このような植物を本種の発生圃場で栽培することにより, 本種卵を一斉にふ化させ, 根内に侵入した幼虫は抵抗反応で死滅するため, 結果として密度低減を図ることができる。線虫幼虫を積極的にふ化させ, 根内に取り込んで死滅させることから, このような植物を“捕獲植物”という (串田, 2012)。捕獲植物はクリムソンクローバー

やクロタリヤ類が実用化されており, これらの効果を検討した。その結果, クリムソンクローバーが本線虫に対してある程度の抑制効果がある可能性が示唆されたが, クロタリヤ類では明確な効果が得られなかった。

(3) 薫蒸作物 (クレオメ) の効果確認試験

アブラナ科のカラシナや, フウチョウソウ科のクレオメは植物体内にグルコシノレートを含み, 植物体が傷つけられるとこれがイソチオシアネート (クレオメでは MITC: メチルイソチオシアネート) へと変化する。イソチオシアネートは抗菌性物質であり, このような植物は“薫蒸作物”と呼ばれ, 薫蒸作物を鋤き込み, 病害虫を防除することを“生物的薫蒸 (Biofumigation)”という (小田切ら, 2007; 前田, 2009)。MITC はダゾメット粉粒剤の作用成分そのものであり, クレオメを鋤き込んで MITC を発生させることで, 本種を防除できる可能性がある。施設内に設置した隔離圃場でクレオメの茎葉を 3.1 kg/m² (標準最大施用量 8 t/10 a の 38.6% 相当量) 鋤き込み, 農業用ビニールで 2 週間被覆し, ダゾメット粉粒剤処理 (30 kg/10 a 相当量) と効果を比較した。その結果, 根部のシスト寄生程度について無処理区とクレオメ処理区間で有意差が認められた。地上部の生育は, おおむねダゾメット粉粒剤処理区 > クレオメ処理区 > 無

処理区の順となった。しかしながら、本種の発生圃場で薫蒸効果が発揮できる量 (4 ~ 8 t/10 a) のクレオメを栽培することは困難であり、実用化は困難であると考えられた。

3 物理的防除法

(1) 散水蒸気消毒法

先に述べたとおり、住宅地に隣接している都内のエダマメ圃場では、化学的防除法以外の防除法も求められている。その中には、熱を利用した土壤消毒法があり、太陽熱消毒法 (KATAN et al., 1976; 岡山, 1999), 蒸気消毒法 (池谷, 1968) そして熱水消毒法 (北, 2006) などがあるが、太陽熱消毒法や蒸気消毒法では深土の十分な消毒ができず、熱水消毒法では 80 ~ 90℃ の熱水を土壤に 100 ~ 300 l/m² 散布するためコストがかかるだけでなく、過湿状態になるため長期間にわたり圃場作業ができなくなるなどの欠点がある。「散水蒸気消毒法」(佐藤, 2004; 外側, 2007) は双方の欠点を補う消毒法である。本消毒法は蒸気を送出した後に、散水チューブで地表から地下に向けて散水し、地表面の熱を地下部に移動させるため、従来の蒸気消毒法に比べ、さらに深層の土壤の消毒が可能になる。また、水や燃料の使用量も熱水消毒法よりも少なく済む。本消毒法のエダマメのダイズシストセンチュウへの適用事例は皆無であったため、その効果を検証した (大林ら, 2011 b)。

足立区内の幅 5.4 m × 奥行 28 m のビニルハウス (土壤は灰色低地土主体) を正面入口から見て左右に 2 分し、片側に蒸気注入用のホースならびに散水用のホースを設置した後にビニルシートで覆い、本手法による処理を実施し、もう片側 (右側) は無処理区とした (無処理区の半分の面積もビニルシートで覆った: 図-2)。2009 年 8 月 24 日の午後 2 時間蒸気を送出後、2 時間 15 分散水し、翌日に被覆を除去した (口絵②)。その後、冬季にコカブを栽培後、翌年の 2010 年 3 月 5 日にエダマメを直播、6 月 14 日に収穫し、収穫物の各項目を調査した。その

結果、散水蒸気消毒処理後ならびにエダマメ栽培後の処理区土壤の卵密度は大きく減少し、無処理区よりも有意に少なくなった (図-2)。また、処理翌年のエダマメの栽培結果は、処理区の根部のシスト付着程度は無処理より少なく、処理区の葉色・草丈・株重・莢数・莢重も無処理区よりも有意に高かったことから (表-2; 口絵③)、本消毒法がダイズシストセンチュウの防除に有効であることが示唆された。なお、本試験の消毒に要した費用は約 29 万円で、その内訳は、2 日間の機材の借用費および 2 名操作者の派遣費で約 21 万円、ホース類、被覆資材、燃料費で約 8 万円 (水と電気の使用は含まず) であった。消費した井戸水は約 770 l, 燃料 (灯油) は約 70 l, 電気使用量は 1.0 kwh であった。散水蒸気消毒法のコストは高いが、ダイズシストセンチュウのみならず各種病害や雑草の防除にも適用可能である。消毒機材を共同購入し、多目的に活用すれば、線虫防除一回当たりの減価償却費を小さく抑えることができ、他の消毒法と比べて必ずしも割高にはならない。なお、消毒効果の持続期間は未調査であり、今後検討を進める必要がある。

(2) 低濃度エタノールを用いた土壤還元消毒技術

近年開発された「低濃度エタノールを用いた土壤還元消毒技術」(KOBARA et al., 2007; UEMATSU et al., 2007; 小原, 2008) は、1% 前後に希釈したエタノールを土壤が一時的な湛水状態となるように処理し、農業用ポリエチレンフィルムなどで被覆するだけという、簡便で低コストな防除技術である。本技術は今までに、トマト萎凋病、カーネーション萎凋細菌病、ウリ科ホモブシス根腐病、ハウレンソウ萎凋病、イチゴ萎黄病、トマト褐色根腐病、各種雑草等で防除効果が認められており、線虫に対してはキュウリのネコブセンチュウやダイコンのネグサレセンチュウで防除効果が認められているが (門馬, 2011)、シストを形成するシストセンチュウ類に対する防除効果については未知である。そこで、本種に対する本技術の効果を、予備試験として室内でガラス製試験管とエダマ

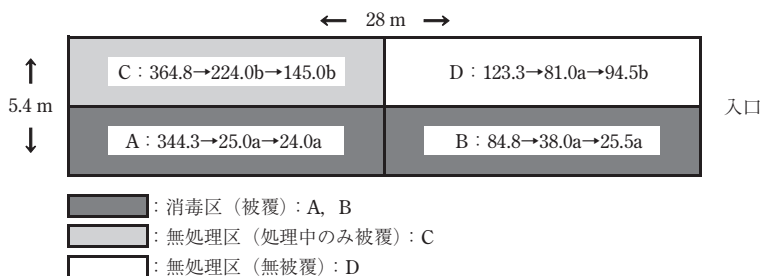


図-2 散水蒸気消毒試験処理区の配置および処理前、処理後、収穫時の土壤中卵数 (乾土 1 g 中) の変化 (大林ら, 2011 b を改変)

各調査時期内で英小文字が異なる場合は有意差がある (Scheffe's F test, $p < 0.05$).

表-2 散水蒸気消毒処理区の収穫物の各種項目の比較（標準偏差は省略）（大林ら，2011b）

処理区 ^{a)}	黄化 ^{b)} 程度	シスト ^{c)} 寄生程度	葉色（SPAD）		草丈 （cm）	株重 （g）	莢数 （個）	莢重 （g）
			止葉	下葉				
A	—	1.4 a	48.2 a	50.3 a	68.3 a	253.1 a	45.7 a	114.4 a
B	—	1.1 a	49.2 a	54.6 a	65.2 a	213.5 a	40.0 a	109.0 a
C	++	2.2 ac	40.2 b	29.9 b	50.5 b	64.5 b	13.8 b	29.3 b
D	+	2.6 bc	44.0 bc	37.7 bc	48.8 b	84.2 b	18.4 b	41.1 b

^{a)} A：処理区（奥），B：処理区（手前），C：無処理区（奥，被覆），D：無処理区（手前，無被覆）。

^{b)} —：黄化なし，+：株全体の一部（50％程度まで）が黄化，++：株全体の50％以上～全体が黄化。

^{c)} 英小文字（a, b, c）が異なる場合は有意差があることを示す（Scheffe's F test, $p < 0.05$ ）。

メの苗を用い、根部のシスト付着数により検討した結果、処理温度 35℃でダゾメット剤と同等の効果があることが示され（大林・小谷野，2011），現在、圃場レベルにおける効果試験を実施中である。なお、本技術で用いられる低濃度エタノールそのものには殺菌効果がなく、土壌中の環境を無酸素（還元）状態にするために用いられるので農薬ではないと判断されている（農林水産省消費・安全局，2012）。

おわりに

都内におけるエダマメの生産面積の拡大に伴い、本種の発生地域は現在でも拡大傾向にある。今後も農業改良普及センターなどを通じて本種についての注意喚起を継続する必要がある。また、都内の生産圃場は圃場面積が限られることから、休耕による密度の低下はなかなか困難である。このため、本種の高密度発生地域においては、まずは効果が早くかつ早い薬剤による密度低下を図る必要がある。その後、PTにおける試験研究で効果が確認された有機物の投入、散水蒸気消毒法、そして将来的には低濃度エタノール消毒法なども組合せた総合的防除法により被害が生じない密度に保っていくべきであろう。

なお、PTにおける各種調査や試験研究を実施するにあたっては、薬剤の適用拡大試験にご協力いただいたアグロカネシヨウ株式会社、耕種的防除試験のための植物種子をご提供いただいた雪印種苗株式会社、散水蒸気消毒法の効果試験実施にご協力いただいた株式会社丸文製造所、また、低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒技術の効果試験に関しご協力いただいた、独立行政法人農業環境技術研究所ならびに日本アルコール産業株式会社に感謝申し上げます。最後に、都内の農業者の方々には調

査や試験研究に際し、圃場の提供などのご協力をいただいた。ここに記して厚く感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 相場 聡 (2001): 植物防疫 55: 229 ~ 232.
- 2) ———・三井 康 (1995): 北日本病虫研報 46: 197 ~ 199.
- 3) GOLDEN, A. M. et al. (1970): Plant Disease Reporter 54: 544 ~ 546.
- 4) 池谷保緒 (1968): 静岡県農業技術対策資料，園芸部門 No.24: p. 16
- 5) 伊藤 綾ら (2006): 関東病虫研報 53: 153 ~ 156.
- 6) KATAN, J. et al. (1976): Phytopathology 66: 683 ~ 688.
- 7) 北 宜裕 (2006): 野菜茶業研究集報 第3号: 7 ~ 16.
- 8) KOBARA, Y. et al. (2007): Proceeding of 2007 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions: 74.1 ~ 74.2.
- 9) 小原裕三 (2008): 植物防疫 62: 427 ~ 432.
- 10) 串田篤彦 (2012): 同上 66: 321 ~ 325.
- 11) 前田征之 (2009): いがた植防だより (123): 3.
- 12) MATSUO et al. (1994): Jpn. J. Nematol. 24: 69 ~ 74.
- 13) 松尾和之 (2000): 植物防疫 54: 337 ~ 341.
- 14) 門馬法明 (2011): 同上 65: 486 ~ 490.
- 15) 農林水産省消費・安全局 (2012): 「低濃度エタノールを利用した土壌還元消毒技術」に係る農薬取締法の規制について (2012年9月7日付事務連絡)。
- 16) 岡山建夫 (1999): 農業技術体系第5-①巻，追録第10号，社団法人農山漁村文化協会，東京，216-1-22 ~ 216-1-25.
- 17) 小田切文朗ら (2007): 園学研 6別1: 454.
- 18) 大林隆司ら (2010a): 応動昆大会講要 54: 87.
- 19) ———ら (2010b): 関東病虫研報 57: 139.
- 20) ———ら (2011a): 同上 58: 73 ~ 75.
- 21) ———ら (2011b): 同上 58: 77 ~ 79.
- 22) ———ら (2011c): 同上 58: 99 ~ 101.
- 23) ———・小谷野伸二 (2011): 同上 58: 116.
- 24) 佐藤展之 (2004): 農と園 79: 277 ~ 284.
- 25) 外側正之 (2007): 植物防疫 61: 84 ~ 89.
- 26) 東京都病害虫防除所 (2005): 平成16年度東京都病害虫防除所年報，p. 167 ~ 170.
- 27) 東京都農業振興事務所振興課 (2011): ダイズシストセンチュウ防除対策の取組と成果～江東地域のエダマメの安定生産のために～，東京都農業振興事務所振興課，東京，86 pp.
- 28) 上田康郎・笠井良雄 (1993): 関東病虫研報 40: 301 ~ 302.
- 29) UEMATSU, S. et al. (2007): Proceeding of 2007 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions: 75.1 ~ 75.2.