

薬剤の種子塗沫処理および土壌のpHの調整によるダイズ茎疫病の防除

三室元気・岩田忠康・向島博行・守川俊幸

Genki MIMURO, Tadayasu IWATA, Hiroyuki MUKOBATA and Toshiyuki MORIKAWA :

Control of *Phytophthora* root and stem rot of soybean
by seed treatment with fungicide and amelioration of soil acidity

ダイズ茎疫病に対して、ダイズ種子に種子塗沫処理剤のアミスルブロム、チアメトキサム・フルジオキシニル・メタラキシルM、シアゾファミド水和剤をそれぞれ処理すると、本病の発病が抑制された。粉状の消石灰で土壌のpHを6.0以上に調整すると、本病の発生が軽減された。この種子塗沫処理剤と土壌のpHの調整を併用すると、薬剤の単独処理よりも防除効果が高まった。

Key words : ダイズ, 茎疫病, 殺菌剤, 種子塗沫, 土壌pH, soybean, *Phytophthora* root and stem rot, fungicide, seed treatment, soil acidity

緒 言

ダイズ茎疫病は、*Phytophthora sojae* (Kaufmann & Gerdemann) によって引き起こされる土壌伝染性の病害である。本病は1977年に北海道で初発生¹⁸⁾して以来、水田転換畑におけるダイズ栽培面積の増加に伴い全国で発生が認められている。富山県でも2002年の報告⁷⁾以降、被害量が年次変動はあるものの、排水の悪い圃場を中心に毎年のように問題となっている。

本病は、ダイズの発芽直後から発生が認められ、胚軸および子葉が腐敗する。幼苗期に感染すると、はじめは地際の胚軸に水浸状の条斑あるいは楕円形の病斑を生じ、やがて萎凋・枯死する¹⁸⁾。伝染源は、土壌中の卵胞子であると考えられ^{8,10,11)}、土壌水分が高いと感染・発病が多いとされる^{3,6,11,17)}。本病に対して効果的な防除薬剤の需要が高まっているが、現在市販されている薬剤は、茎葉散布剤が主であり、2010年5月時点で9剤が登録されているものの利用は少ない⁵⁾。本病に対するダイズの感受性は出芽直後から生育初期に高いため¹⁹⁾、種子に薬剤を塗沫して防除する方法が有効と考えられる。実際に米国では、種子に塗沫するメタラキシル含有の薬剤が普

及している^{1,2,9)}。また、圃場での薬剤散布と比較して、省労力・省コストである。さらに、種子に塗沫する鳥害防止忌避剤のチウラム水和剤⁹⁾や殺虫剤のチアメトキサム水和剤等が農家に広く普及していることから、新たに導入する場合の技術的な問題点も少ないと考えられる。そこで本研究では、新規の種子塗沫処理剤の防除効果を明らかにするとともに、石灰質資材による土壌のpHの調整と種子塗沫処理剤との併用効果を検討したので報告する。

なお、本研究は農林水産省の委託プロジェクト研究「低コストで質の良い加工・業務用農産物の安定供給技術の開発」の一部として実施したものである。

材料および方法

1. 供試菌株とダイズ品種

菌株は、富山県内で2002年に分離したTAC02sb01株、TAC02sb02株およびTAC02sb05株、2008年に分離したT08sb01株を供試した。すべての試験で、ダイズ品種「エンレイ」を供試した。

2. 種子塗沫処理剤の防除効果

ポットおよび圃場で行った試験の概要は第1表の通りである。

ポット試験は、人工培土を詰めたポットにダイズを播種して行った。2007年の試験では、ダイズ茎疫病菌3菌株をそれぞれ接種して発病させたダイズ苗2本を株元に埋設し、伝染源とした。2008年は、本病が発生した現地圃場から採取した土壌と富山県農林水産総合技術センター内の水田圃場から採取した土壌を1:1の割合で混合し、伝染源を含む培土として用いた。2009年には、V8ジュース寒天培地で培養したT08sb01菌株の菌叢を磨砕して液状にし、コンテナあたりペトリ皿1枚分を株元に灌注し、2日間湛水状態を保った。供試薬剤の種類と処理量は第2表にまとめて示した。なお、2009年は、各種種子塗沫処理剤とチウラム水和剤を併用処理した区およびチウラム水和剤の単独処理区を設けた。いずれの試験も各処理区の発病程度を3反復で調査した。

圃場試験では、株間7cmとなるようダイズを手で播種

した。接種方法は、2006年では上述のように3菌株それぞれの磨砕液を株元に区あたりペトリ皿6枚分を灌注した。2009年は、T08sb01菌株を接種して発病させたダイズ苗2本を株元に埋設した。2010年には、T08sb01菌株を培養したオオムギ粒培地を播種溝に区あたり100gを散布した。いずれの圃場試験も3反復で実施し、湛水処理開始から1日間を湛水状態を保った。すべての試験に対照の無処理区を設けた。すべての発病調査は、全株を発病程度別に分類し、発病度を下式により算出した。

$$DI = (i \times d_n) \times 100 / n / 4$$

ここでは、 DI は発病度、 i は発病程度、 d_n は発病株数、 n は調査株数を表す。 i の基準は次の5つを用いた。

- 0：発病なし
- 1：茎に病斑があるが萎凋していない
- 2：地上部の1/3以下が萎凋している
- 3：地上部の1/3～2/3が萎凋している
- 4：地上部の2/3以上が萎凋または枯死している

第1表 種子塗沫処理剤による発病抑制効果試験の概要

耕種概要	ポット試験			圃場試験		
	2007年	2008年	2009年	2006年	2009年	2010年
ポットの種類	ワグネルポット	ワグネルポット	コンテナ	1.7m ²	6.4m ²	6.4m ²
および圃場面積	1/5000a	1/5000a	(27cm×32cm×14cm)	(2.1m×0.8m×1条)	(4m×0.8m×2条)	(4m×0.8m×2条)
充填土壌量	3kg	3kg	3.5kg	—	—	—
培土の種類	人工培土 ^{a)}	水田土壌	水田土壌	—	—	—
播種月日	9月5日	9月9日	10月8日	6月8日	5月28日	6月17日
播種粒数	10粒/ポット	10粒/ポット	30粒/コンテナ	30粒/区	114粒/区	114粒/区
接種菌株	TAC02sb01 TAC02sb02 TAC02sb05	—	T08sb01	TAC02sb01 TAC02sb02 TAC02sb05	T08sb01	T08sb01
接種月日	9月12日	9月9日	10月14日	6月27日	6月6日	6月17日
湛水月日	9月12日	9月19日	10月18日	7月24,26日, 8月4日	6月11,15,18,23日	6月23日
調査月日	10月5日	10月9日	11月8日	7月8日	7月1日	7月30日

a) 人工培土は、井関ナウエル培土を用いた。

第2表 ポットおよび圃場試験で用いた種子塗沫処理剤の種類と処理量

供試薬剤および処理量 ^{a)}	年次					
	ポット			圃場		
	2007年	2008年	2009年	2006年	2009年	2010年
シアゾファミド水和剤 (20ml)	○ ^{c)}	○	○	○	○	○
アミスルプロム水和剤 (10ml)	○	○	○	○	○	○
T・M・F水和剤 ^{b)} (8ml)		○	○		○	○
チウラム水和剤 (20ml)			○			
アミスルプロム水和剤 (10ml)+チウラム水和剤 (20ml)			○			
T・M・F水和剤 (8ml)+チウラム水和剤 (20ml)			○			
シアゾファミド水和剤 (20ml)+チウラム水和剤 (20ml)			○			

a) 処理量は、種子重量1kg当たりの薬剤量を示す。

b) T・F・M水和剤はチアメトキサム・フルジオキシソニル・メタラキシルM水和剤を示す。

c) ○は供試年度を示す。

第3表 土壌のpHの調整による発病抑制効果試験の概要

試験概要	ポット		圃場
	2008年	2009年	2009年
ポットの種類	ワグネルポット	コンテナ	28.8m ²
および圃場面積	1/5000a	(27cm×32cm×14cm)	(9 m×0.8m×4条)
土壌の種類	水田土壌	水田土壌	—
播種月日	7月11日	6月29日	5月28日
播種粒数	10粒/ポット	84粒/コンテナ	514粒/区
接種菌株	TAC02sb01 TAC02sb02 TAC02sb05	T08sb01	T08sb01
接種月日	7月22日	7月3日	6月9日
湛水月日	7月22日	7月5日	6月11,15,19,22日
調査月日	8月10日	7月10日	6月27日

第4表 資材による土壌のpHの調整

供試資材	ポット		圃場		
	土壌1kgあたり 処理量(g)	土壌のpH		10aあたり処理 量(kg)	土壌のpH 2009年
		2008年	2009年		
— (無調整)	—	5.7	5.3	—	—
酸度調整剤 ^{a)}	7.5	5.5	4.2	—	—
消石灰(粉状)	0.5	6.3	6.5	184	6.2
	2.5	7.1	7.6	589	7.0

a) 酸度調整剤はサンドセット(日産アグリ)を用いた。

3. 石灰質資材の施用による土壌のpHの調整が発病に及ぼす影響

ポットおよび圃場で行った試験の概要は第3表の通りである。

ポット試験における土壌のpHは、ダイズの播種直前に酸度調整剤および消石灰(粉状)をそれぞれ培土に混和して調整し、その値を記録した(第4表)。接種は、2008年では、ダイズ茎疫病菌を接種して発病させたダイズ苗2本を株元に埋設した。2009年は、コンテナあたり300mlの茎疫病菌を培養したフスマ培地を培土の表層と混和し、2日間湛水状態を保った。いずれの試験も3反復で実施した。

圃場試験は、あらかじめ土壌のpHを調整するために、播種前日に所内圃場へ消石灰(粉状)を手で散布し、トラクターで耕起を行い、翌日にダイズ種子を機械(井関農機, ISEKI GEAS 46S)で播種した。接種は、あらかじめ本病菌を接種して発病したダイズ苗2本を株元に埋設して行った。発病を促すため、試験区の周りを畝で囲み、灌漑水を引き込んで株元が浸る程度に湛水状態とし、12時間維持した。試験は2反復で実施した(第4表)。

4. 種子塗沫処理剤と土壌のpHの調整を併用した場合の防除効果

2009年のポット試験(第3表)と併設して実施した。耕種概要および土壌のpHの調整方法は、第3表および第4表に従った。試験は、土壌のpHの調整を行い、供試薬剤として3種混合剤のチアメトキサム・フルジオキソニル・メタラキシルM水和剤を種子に塗沫した後に播種した。

結 果

1. 種子塗沫処理剤の防除効果

ポット試験での発病度は、2007年の無処理区で50、2008年が45、2009年は37と多発生であった。一方、圃場試験では3カ年とも発病度が10前後で少発生となった(第1, 2図)。供試した種子塗沫処理剤の防除価は、いずれの試験でもアミスルプロム水和剤が76以上、チアメトキサム・フルジオキソニル・メタラキシルM水和剤が66以上、シアゾファミド水和剤は62以上となり、いずれの薬剤も一定程度の発病抑制効果が認められた(第1図)。一方、アミスルプロム、チアメトキサム・フルジオキソニル・メタラキシルM水和剤、シアゾファミド水和剤の各薬剤とチウラム水和剤を併用した場合も発病が

抑制され、これら3種薬剤の単独処理と同等であり、チウラム水和剤の併用が発病に影響を与えることはなかった(第2図)。また、チウラム水和剤単独では発病抑制効果が認められなかった。なお、いずれの薬剤を処理した区においても、生育の遅延や出芽不良等の薬害は認められなかった。

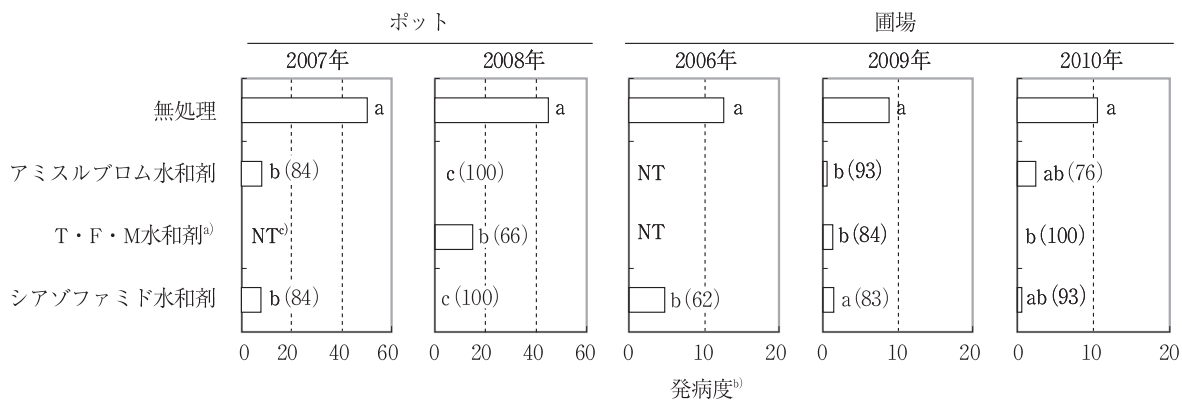
2. 土壌のpHの調整による発病軽減

2008年と2009年のポット試験では、無処理区での発病度がそれぞれ23、24となり、中発生となった(第3図)。酸度調整剤で土壌のpHを低下させると、発病度は2008年で68、2009年では44と高くなった。一方、消石灰(粉状)を施用して土壌のpHを上昇させると、発病度は

2008年で4.2 (pH6.2区) および3.7 (pH7.1区)となり、2009年では8.7 (pH6.5区) および6.9 (pH7.6区)と低下した。圃場試験では、無処理区での発病度が6.0と少発生であったが、消石灰(粉状)を施用して土壌のpHを高めると、発病度は1.5 (pH6.2区) および1.1 (pH7.0区)と低下した(第3図)。

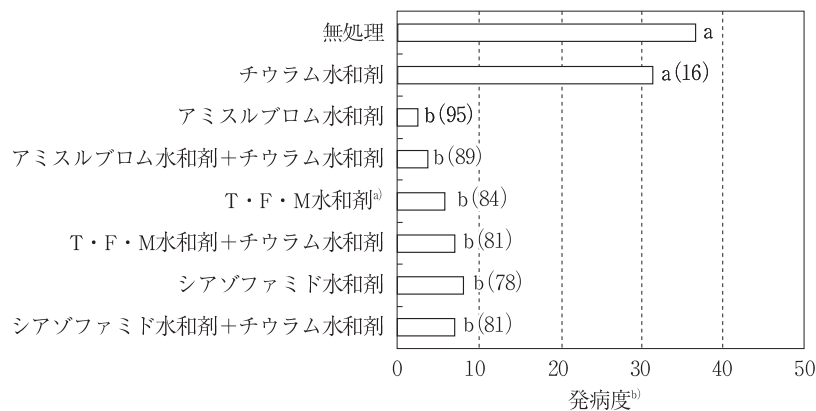
3. 種子塗沫処理剤と土壌のpHの調整を併用した場合の防除効果

無処理区では、土壌のpHが高まるにつれて発病が顕著に抑制された。一方、種子塗沫処理区において、土壌pHの無調整区 (pH5.3) では発病度が6.1であったのに対し、土壌のpHが6.5および7.6の調整区ではそれぞれ



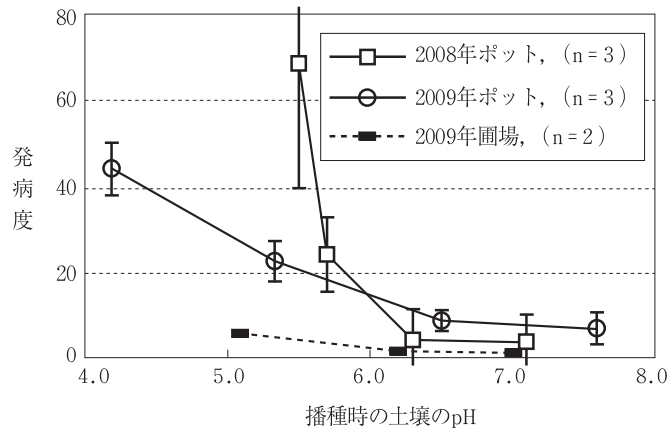
第1図 ポットおよび圃場試験における種子塗沫処理剤の発病抑制効果

- a) T・F・M水和剤はチアメトキサム・フルジオキシニル・メタラキシルM水和剤を示す。
 b) 発病度の値は、アークサイン変換後にTukey法で統計処理した。同一英文字を付した同一年次の処理間には、5%の有意水準で差が無いことを示す。括弧内の数値は防除値を示す。
 c) NT: 試験を実施せず。

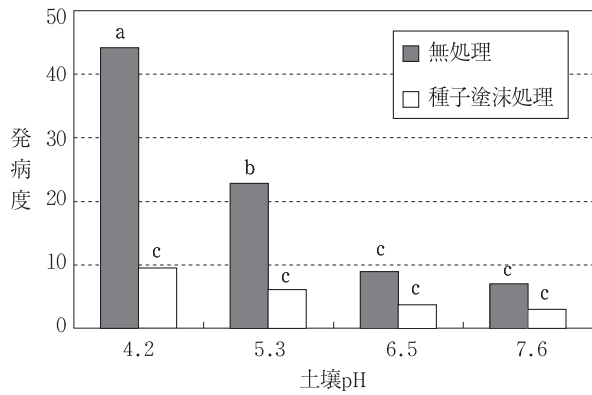


第2図 ポット試験による種子塗沫処理剤とチウラム水和剤の併用の有無による発病抑制程度 (2009年)

- a) T・F・M水和剤はチアメトキサム・フルジオキシニル・メタラキシルM水和剤を示す。
 b) 発病度の値は、アークサイン変換後にTukey法で統計処理した。同一英文字を付した処理間には5%の有意水準で差が無いことを示す。括弧内の数値は防除値を示す。



第3図 土壌のpHの違いがダイズ茎疫病の発生程度に及ぼす影響
注) 図中のバーは標準偏差を示す。



第4図 土壌のpHを調整した培土に薬剤を種子塗沫処理して播種した場合の発病程度
注) 発病度の値は、アークサイン変換後にTukey法で統計処理した。同一英小文字を付した処理間には、5%の有意水準で差がないことを示す。

3.8, 3.0となり、有意な差は認められなかったものの土壌のpHの調整と種子塗沫処理の併用が、発病抑制効果をもつ傾向があった(第4図)。

考 察

ダイズの茎疫病菌に対する感受性が高いとされる播種1ヶ月後までの期間について、種子塗沫処理剤による発病抑制程度を調査した結果、供試した3種の薬剤は、年次によるばらつきがあるものの、いずれも実用的な防除効果が認められた。今後、常発圃場や前年のダイズ栽培において本病の発生が多かった圃場での予防対策として、これら種子塗沫処理剤が有効である可能性が高いと考えられた。2011年3月現在、本研究で供試した種子塗沫処理剤の中では、シアゾファミド水和剤が登録済みで

あり、チアトキサム・フルジオキサニル・メトラキシルM水和剤とアミスルプロム水和剤は登録申請中である。この他の薬剤についても日本植物防疫協会の新農薬実用化試験が実施されており、今後の実用化が期待される。

土壌のpHの調整と本病の発生量との関係を調査した結果、消石灰(粉状)を施用し、播種時の土壌のpHを6以上に高めることで発病が抑制された。また、酸度調整剤で土壌のpHを低下させた場合には発病が助長されることが明らかとなり、土壌のpHは高い方が発病を軽減できる傾向が認められた。福井県における本病の発生実態調査では、土壌のpHが5.4よりも高い圃場での発生が少なかったこと、さらにポット試験において、土壌のpHが5.2よりも高いと発病が少なくなることを報告³⁾しており、本研究でも同様の結果であった。また、消石灰(粉状)の施用による土壌のpHの調整と種子塗沫処理を併用した場合の防除効果は、薬剤を単独で用いるよりも両者を併用する方が、発病がさらに抑制されることが明らかとなった。

粉状消石灰の施用による土壌のpHの調整が、本病の発生を抑制する要因については現在検討中であるが、杉本らは、各種カルシウム化合物に本病菌の遊走子の放出を抑制する効果があること、ダイズ茎部にカルシウムが沈着することによって本病菌の菌糸の侵入が阻害されること等を報告¹²⁻¹⁶⁾している。消石灰施用による発病抑制にはカルシウムが関与している可能性があるが、感染機作の詳細については、今後検討する必要がある。

富山県内の耕地土壌において、1979～1982年の土壌の

pHの平均値が6.1であったのに対し、2004～2007年の調査では、5.6と低く推移している（小池ら、平成20年度農業分野試験研究の成果と普及）。このことも、近年の茎疫病の発生の増加に影響している可能性がある。本研究および既往の報告³⁾からも、土壌のpHが6未満の圃場では本病の発生リスクが高まると推察されることから、石灰質資材の施用により土壌のpHを6以上に高めることが重要である。また、土壌のpHを高めることでダイズの収量も向上する（雄川ら、平成20年度農業分野試験研究の成果と普及）ことから、より積極的な石灰質資材の活用が望まれる。一方で本病は、土壌のpH以外にも圃場の排水性、土壌中の菌密度やカルシウム濃度、さらに気象条件等の様々な要因が影響し、これらが複雑に関与して圃場における発生量が決まると考えられる。そのため、土壌のpHを高め、排水性を改善することを基本とし、それでもなお発生が認められる場合には、薬剤防除を追加するような総合的な防除対応が必要と考える。

本研究では、薬剤の種子塗沫処理および石灰質資材の施用による土壌のpHの調整により、本病の発病を大きく抑制できることを明らかにした。今後、本病の防除技術を効果的に利用していくためには、圃場における発生リスクを評価する診断法を開発し、それに応じた防除手段を提示していくことが必要である。

引用文献

- 1) Donald, C. E. and Olaf, K. R. (1996) *Phytophthora diseases worldwide*. 436-440, APS press, St. Paul, MN.
- 2) Dorrance, A. E. and McClure, S. A. (2001) Beneficial effects of fungicide seed treatments for soybean cultivars with partial resistance to *Phytophthora sojae*. *Plant Dis.* 85 : 1063-1068.
- 3) 古河 衛 (2007) 土壌pHの改善でダイズ茎疫病の発生抑制. *農及園* 82 : 1203-1207.
- 4) 本多範行 (2007) 水田転換畑ダイズ栽培における種子消毒剤の効果. *農及園* 82 : 265-270.
- 5) 加藤雅康 (2010) ダイズ茎疫病研究の現状と課題. *植物防疫* 64 : 497-500.
- 6) 喜多孝一 (1990) 異なる水分条件下におけるダイズ茎疫病菌の遊走子のう形成. *日植病報* 56 : 144 (講要).
- 7) 向島博行・関原順子 (2006) 2002年に富山県内各地で発生したダイズ茎疫病. *北陸病虫研報* 55 : 27-32.
- 8) 西 和文 (2008) ダイズ立枯性病害の発生実態と発生助長要因. *日作紀* 77(別1) : 346-347.
- 9) Papavizas, G. C., Schwenk, F. W., Lock, J. C. and Lewis, J. A. (1979) Systemic fungicides for controlling *Phytophthora* root rot and damping-off of soybean. *Plant Dis. Rep.* 63 : 708-712.
- 10) Schmitthenner, A. F. (1985) Problem and progress in control of *Phytophthora* root rot of soybean. *Plant Dis.* 69 : 362-368.
- 11) Schmitthenner, A. F. (1999) *Phytophthora rot. Compendium of soybean diseases*, 4th ed. 39-42, APS press, St. Paul, MN.
- 12) Sugimoto, T., Aino, M., Sugimoto, M. and Watanabe, K. (2005) Reduction of *Phytophthora* stem rot disease on soybeans by the application of CaCl_2 and $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. *J. Phytopathology* 153 : 536-543.
- 13) Sugimoto, T., Watanabe, K., Yoshida, S., Aino, M., Matsuyama, M., Maekawa, K. and Irie, K. (2007) The effects of inorganic elements on the reduction of *Phytophthora* stem rot disease of soybean, the growth rate and zoospore release of *Phytophthora sojae*. *J. Phytopathology* 155 : 97-107.
- 14) Sugimoto, T., Watanabe, K., Yoshida, S., Aino, M. and Irie, K. (2008) Select calcium compounds reduce the severity of *Phytophthora* stem rot of soybean. *Plant Dis.* 92 : 1559-1565.
- 15) 杉本琢真 (2009) カルシウム施用によるダイズ茎疫病の発病低減効果. *植物防疫* 63 : 284-289.
- 16) Sugimoto, T., Watanabe, K., Yoshida, S., Aino, M., Furiki, M., Shiono, M., Matoh, T. and Biggs, A. R. (2010) Field application of calcium to reduce *Phytophthora* stem rot of soybean and calcium distribution in plants. *Plant Dis.* 94 : 812-819.
- 17) 土屋貞夫・児玉不二雄 (1981) 疫病の生態と防除. *植物防疫* 35 : 439-442.
- 18) 土屋貞夫 (1982) *Phytophthora megasperma* var. *sojae* Hilderbrandによるダイズの茎疫病. *北海道立農試集報* 48 : 46-55.
- 19) 柳田麒策 (1985) ダイズ茎疫病の根部感染と発病の関係. *北日本病虫研報* 36 : 144-145.

(2011年5月17日受理)