

レタス根腐病菌のレース分化の実態解明と その防除への応用

長野県野菜花き試験場 ^{ふじなが}藤永 ^{まさし}真史・^{おぎそ}小木曾 ^{ひでき}秀紀

はじめに

レタス根腐病の初発生は1960年と比較的歴史があるにもかかわらず、ごく最近まで国内外での発生の報告は非常に少なかった。また、発生生態に対する本格的な研究もほとんど行われておらず、防除法に関する知見も少なかった。長野県では、発生当初、土壤殺菌剤を用いた土壤消毒の効果試験が積極的に実施され、その結果、クロロピクリンのマルチ畦内処理による土壤薫蒸処理が、本病の防除に実用的な効果を示すことが判明した。本処理は、土壤薫蒸処理という付加作業を加えるのみで、避けることのできない、いかなる植物土壤病害発生圃場においても、従来の栽培体系のまま何ら難題な工程も必要としないで作物生産ができる利点がある。しかし、本法に対しては、土壤中のアンモニア態窒素の増加が原因と考えられる生育異常株の出現(藤永ら, 1998)、大規模な露地圃場への大量処理の必要性、隣接圃場へのガス害、産地に対するイメージの悪化、環境に対する悪影響、薬剤処理に係る経費負担など多くの課題を含む懸案事項があげられた。また、生産現場からは土壤殺菌剤に依存しない新たな環境保全型防除技術の開発が強く要望された。防除が困難な土壤伝染性病害に対して、土壤殺菌剤に依存しない新たな環境保全型防除技術の開発は、これからのすべての農業生産にとって重要な緊急課題である。また、土壤殺菌剤の薫蒸処理に頼らない、新たな環境保全型防除技術を開発するには、従来の農業使用による病害防除法と異なり、抵抗性発現に関する品種特性、病原菌のレース分化やそれら菌体数などの栽培圃場内におけるあらゆる生物学的情報の収集が必要である。技術の総合化による防除方法は、一般的に総合防除と称され、駒田ら(1989)は土壤病害に対する総合防除を「輪作、土壤消毒、肥培管理、有機物の投入、土壤改良、抵抗性品種の利用、圃場衛生といった現在考えられる連作障害防除技術を合理的に組み合わせて土壤病害の発生をい

にして被害許容限界以下の低いレベルに押さえ込むか」という技術の総合化であると説明している。総合防除の必要性は過去から言われ続けられているが、ほとんど実際の生産現場では、難防除土壤伝染性病害に対して単一技術による防除法が採用されているのが現状であると思われる。そのような背景からも、長野県ではレタス生産の持続的な存続のため、本病防除に薬剤に偏重しない効果的な新防除技術の確立を目指すこととなった。そこで、本稿では長野県におけるレタス根腐病総合防除対策技術確立に向けてこれまでの取り組みについて述べたい。なお、本稿のほとんどは第8回植物病害生態研究会(静岡市)において発表した内容であることを付け加えさせていただきます。

I レタス根腐病菌の性質

1 菌の所属

レタス根腐病は1960年に世界で初めてその発生が報告され(本橋ら, 1960), 1967年に松尾らによってその病原菌が *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* と同定された。その後、1995年に長野県各地で本病が大発生し、現在防除困難な土壤伝染性病害として深刻な問題となっている。

近年、海外でも同疾病が問題となっている(図-1)。1993年にアメリカで発生した同様の病害に対して新分化型として *lactucum* が提案され(HUBBARD and GERIK, 1993), その後、台湾(HUANG and LO, 1998), イラン(MILLANI et al., 1999)でも世界的に広く分化型 *lactucum* が採用されるという混乱が生じた。しかし、アメリカお

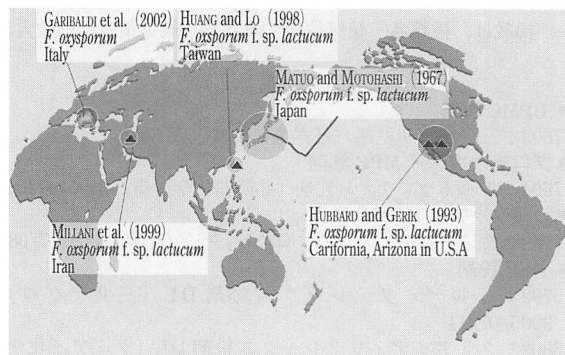


図-1 レタス根腐病の発生国分布 (2005.1.1 現在)

Analysis of Physiological Races of Lettuce Root Rot Pathogen and its Application to Disease Control. By Masashi FUJIMAKI and Hideki OGISO

(キーワード: レタス, 根腐病, レース分化, 防除法, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*)

よびイタリア分離株と国内分離株との遺伝的類縁性が明らかになり、現在では諸外国においても松尾らが命名した分化型 *lactucae* に統一されるに至っている。

2 レース分化との直面

土壌薫蒸処理を行わず、本病のような難防除な土壌病害を防除するため、まず抵抗性品種の利用を主体とした総合防除体系の構築を図った。ところが、研究を進めるに従って、ある特定の菌株に抵抗性を示す品種を特異的に侵す根腐病菌の存在が明らかとなった。このことから、単純に抵抗性品種を利用するだけでは、本病の効果的な防除が困難であることが判明した。植物病原性 *F. oxysporum* には 80 種を超える分化型が存在する (Booth, 1971)。また、様々な分化型においてレース分化が知られているが (松尾, 1980)、これまでに、レタスでは全く報告されていなかった。そこで、まず *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* のレース分化の実態解明と、そのより確実なレース判別法の確立を試みた。その結果、レタス根腐病菌には病原性が分化したレース 1, 2 および 3 の存在が判明した (表-1)。また、これらレースは市販の入手

が容易な品種 ‘晩抽レッドファイヤー’, ‘コスタリカ 4 号’, ‘バトリオット’ を用いることで判別可能であり、さらに、これらのレース判別品種を現地圃場で慣行栽培と同様な作業を行うことでも、各圃場ごとのレースが把握できることも明らかとなった (図-2)。現状では、レタス根腐病菌のすべてのレースに対して抵抗性を有するレタス品種はまだ育成されていない。よって、レタスの栽培前に、圃場ごとの病原菌レースの把握は、その圃場で栽培可能なレタス品種を的確に選定することに直結する。すなわち、抵抗性品種利用による防除方法の根幹となる情報を得ることになる。これまでに確立されたレース検定法は、生産者自身 (農家) が通常の栽培技術を用いて容易に行える普遍的な方法であることから、実用性が高く、現状、長野県内 160 ha の発病圃場で実際に用いられ、品種選定に貢献している。なお、本病菌の病原性差異については、ほぼ同時期に、病原性グループ 1 ~ 3 による分類法 (YAMAUCHI et al., 2001) が提唱された。しかし、病原性グループ 1 がレース 2 に、病原性グループ 2 がレース 3 に、病原性グループ 3 がレース 1 に相当するとして、病原性分化の呼称はレースに統一することが研究者間で確認されている。

表-1 レタス根腐病菌各レースと判別植物との罹病反応^{a)}

レース	判別品種		
	晩抽レッド ファイヤー	コスタリカ 4号	バトリオット
1	S	R	S
2	R	S	S
3	S	S	S

発病指数 = Σ (指数 × 株数) / 調査株数。発病指数が 1 以上のものを感受性 (S) とする。地上部程度別調査基準 (指数は 0 ~ 3 の 4 段階) は、0 : 健全, 1 : やや萎凋, 2 : 株全体が萎凋, 3 : 萎凋が基だしまたは枯死。

^{a)} FUJINAGA, et al. (2003)。

II レタス根腐病菌の遺伝的類縁関係

これまでに *F. oxysporum* のレース分化は数多く知られているが、レタス根腐病菌のレース分化がどのような遺伝的な変異に基づいて生じたかは不明である。これら各レースの遺伝的類縁関係を探ることは、本病防除法を確立するうえで有用と考えられ、遺伝的進化の背景を説明するための一つの指針 (KISTLER et al., 1997 ; 1998) である体細胞和合性群 (VCG) (PXUHALLA, 1985) の調査検定を行った。その結果、クリスプヘッドレタスから分離されるレース 1 とレース 2 はそれぞれ異なる単一の VCG により構成されることが明らかになった (Ogiso et al., 2002)。一方、サラダナから分離されるレース 3 には、四つの VCG が存在することが西村 (2003) により明らかにされた。また、世界で最初に報告された東京都サラダナ分離株は、長期間保存による病原力低下のためレースが不明であったが、福岡県のサラダナ罹病株から分離されたレース 3, VCG3-1 株と同一の体細胞和合性群に属したことから、世界最古の菌株はレース 3 の菌株と極めて近縁であることも明らかになった (FUJINAGA et al., 2005)。さらに、各レースの ribosomal DNA-IGS 領域の部分塩基配列を用いた分子系統解析も試み、本病菌各レース間における遺伝的類縁関係を探った。その結果、それぞれ単一の VCG により構成されているレース 1 お

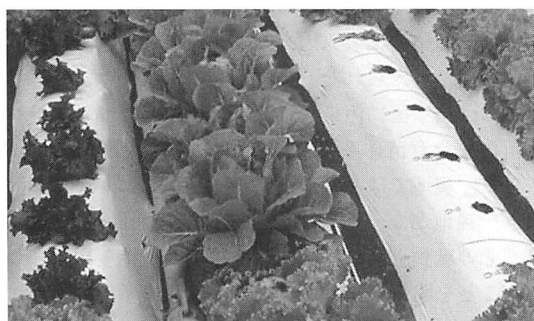


図-2 圃場における直接検定 (レース 1 圃場)
左から判別品種、晩抽レッドファイヤー、コスタリカ 4 号、バトリオット。

表-2 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* によって引き起こされるレタス根腐病の発生地域、レースおよび遺伝的類縁関係

レース (Race)	地区	発生種	病原性 ^{a)}			VCGs	栄養要求性	系統
			パトリ オット	コスタ リカ4号	晩抽レッド ファイヤー			
1	日本 (長野県)	玉レタス, リーフレタス						
	日本 (北海道)	サラダナ	+	-	+	VCGI ^{c)}	-	PG-I
	アメリカ	玉レタス						
	イタリア	リーフレタス, バタビア						
2	日本 (長野県)	玉レタス, リーフレタス	+	+	-	VCGII ^{c)}	Biotin ^{b), c)}	PG-II
3	日本 (福岡県) (静岡県)	サラダナ	+	+	+	VCGIII-1 ^{d)}		
						2		
						3		
						4		

^{a)} FUJINAGA et al. (2003). ^{b)} YAMAUCHI et al. (2001). ^{c)} OGISO et al. (2002). ^{d)} NISHIMURA (2003).



図-3 抵抗性品種利用による防除 (レース1汚染圃場)

よびレース2はそれぞれ個別のクラスターが形成され、それに対して複数のVCGが存在するレース3には、それぞれのVCGに対応したクラスターが形成された(FUJINAGA et al., 2005)。表-2に示したように、レースとVCGは分子分類学的にも明確に対応していることから、レタス根腐病菌の各レースは、それぞれが均一な集団として存在し、またレース1、レース2、レース3はそれぞれ異なる遺伝的背景から派生してきたことが示された。このような知見は他のフザリウム菌においてもほとんどなく、フザリウム菌の病原性の獲得とレース分化または病原菌の広域的な伝播を考えるうえで非常に有意義な生物学的情報であり、これら知見を基に育種部門でも本病菌レースを考慮した抵抗性品種の育種戦略が構築され、特に長野県野菜花き試験場では世界で初めてレタス根腐病菌レース1抵抗性品種‘シナノホープ’を育成した(TSUCHIYA et al., 2004)(図-3)。

III 防除技術の総合化

フザリウム菌による土壤病害に対する総合防除体系の一手法として、非病原性フザリウム菌(以後:NPF)を利用した発病抑制方法(小川・駒田, 1984;手塚・牧野, 1991;勝部・赤坂, 1997)が知られている。本病に対しても発病抑制に有効なNPFを選抜し、その最適な処理条件を明らかにした(小木曾ら, 1999)。しかし、これまでの検討結果では、多発生圃場において顕著な効果はなく、さらなる検討を必要とした。このような生物防除法を総合防除技術の一つにするためには、発病抑制効果をさらに向上させることと、またNPFを用いた防除法と耕種的対策、特に品種との組み合わせ方が重要と考えられる。サラダナでは、土壤消毒により菌密度を低下させたうえで生物防除技術の防除効果増高の可能性を明らかにした(西村, 1998;1999)。このように生物防除技術は、その利用場面を考慮しつつ総合防除の一環として組み入れる必要がある。

本病的確な防除技術の開発には、急速な発病圃場または発病面積の拡大原因を究明することが今後の拡大防止に重要と考えられる。小木曾ら(2001)は、これら伝播には、病原菌に汚染された床土を用いたソイルブロック苗による育苗体系に要因があることを明らかにした。さらに、現地では2月下旬から4月上旬にかけて強風が吹き、裸地となった圃場の土壌が広範囲に飛散し(図-4)、その風食土壌に含まれる病原菌が伝播要因の一つであることを明らかにした。加えて、汚染圃場を耕耘するトラクターに付着した土壌も十分に他圃場へ容易に伝播されることも明らかにされた。図-5は、レタス産地に建設されたトラクター専用の洗浄施設である。ノズルか



図-4 強風により舞い上がる発病圃場の土壌

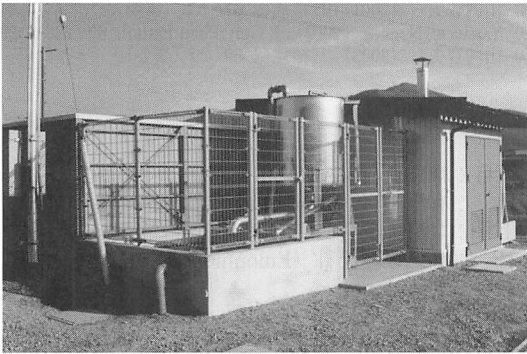


図-5 レタス主力産地に建設されたトラクター専用洗浄施設

ら熱水を噴射し、トラクターロータリー部やタイヤなどに付着した土壌を洗い流し、貯留タンクに集め、タンク内でボイラーにより 80℃ 10 分間加熱後、施設外に排出する日本でも珍しい施設である。今後長野県にとどまらず、さらなる有効利用が期待される。また、苗の床土によりレタス根腐病菌が伝播されることから、現状では特に育苗施設での育苗培土への病原菌混入を避けるため、床土の殺菌、通路を含めた床土との透水性シート設置、無病培土使用と高床育苗を行うよう改善された。風食による根腐病菌の圃場間伝播を防止するためには、冬作物の栽培や防風林の設置等を講じるよう指導されている。加えて、トラクターにより汚染土壌が広域に搬出されないよう、建設された洗浄施設でトラクターの各部位を確実に洗浄することで、圃場間の汚染土壌の移動を可能な限り防ぐ努力がなされている。このように、一つ一つの伝播要因を解明し、個々の情報に対して対策がなされるようになった。すなわち、病原菌の生態研究により明らかになった一つ一つの発病要因をできる限り排除するという努力がなされるようになった。

IV 防除体系の構築に向けて

2005 年 7 月現在、長野県内のすべての作型を網羅できるレタス根腐病抵抗性品種は育成されていない。そのため、現状ではあらゆる技術を総合化した防除体系が必要である。これまでの輪作と品種との組み合わせ試験の結果から、抵抗性を有する品種の有効利用には異科作物の輪作が大きく貢献することが判明している。しかし、輪作が総合防除に効果的であるとしても、換金性の期待できない品目の導入には消極的にならざるを得ないのが現状である。現在、換金性のあるレタス以外の輪作物の選定に全力で取り組んでいる。

現状での本病の防除対策は、圃場のレースを判定したうえで、圃場の栽培履歴、前作の発病程度に応じた輪作体系の中で、抵抗性を有する品種を上手に利用するのが主体的である。また、現場生産者からも、その有効性を聞くことが多い。今後の更なる技術体系の向上に向け改良を重ねなければならない。

総合防除体系では、圃場の栽培履歴およびレタス根腐病の発生履歴を把握することも重要で、これまでに、長野県下においては地方事務所、農業改良普及センター、一部の JA と共同でレタス栽培履歴データベースを構築した。さらに、インターネット web ブラウザにより閲覧できるレタス根腐病防除に対する体系化技術を情報提供することを現在目指しているところである (図-6)。

おわりに

長野県における、レタス根腐病に対する土壌殺菌剤に偏重しない新たな総合防除技術開発の試みは、開始された段階である。これまでのレタス根腐病に関する試験結果も踏まえ、化学合成農薬に頼った防除技術から脱却したいという要望に、さらに貢献できるよう努力が必要であると考えます。また、このような取り組みが研究者

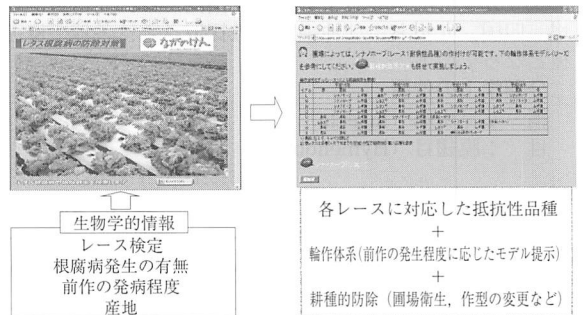


図-6 インターネット Web ブラウザ上で閲覧するレタス根腐病総合対策マニュアル (構築中)

だけでなく、生産者も含めた新たな総合防除システム構築への第一歩を踏み出す要因の一つになれば幸いである
と考える。

引用文献

- 1) BOOTH, C. (1971): The genus *Fusarium* commonwealth mycol., London, 237 pp.
- 2) 藤永真史ら (1998): 日植病報 64: 331 (講要).
- 3) FUJINAGA, M. et al. (2003): J. Gen. Plant Pathol. 69: 23 ~ 28.
- 4) ——— et al. (2005): *ibid.* 71 (in press).
- 5) GARIBALDI, A. et al. (2002): Plant Dis. 86: 1052.
- 6) HUANG, J. H. and C. T. LOX (1998): Plant Pathol. Bull. 7: 150 ~ 153.
- 7) HUBBARD, J. C. and J. S. GERIK (1993): Plant Disease. 77: 750 ~ 754.
- 8) 勝部和則・赤坂安盛 (1997): 日植病報 63: 389 ~ 394.
- 9) KISTLER, H. C. (1997): Phytopathology 87: 474 ~ 479.
- 10) ——— et al. (1998): *ibid.* 88: 30 ~ 32.
- 11) 駒田 旦 (1989): 連作障害総合防除システム開発の手引き—ハクサイ根こぶ病を事例として—, 農研センター編, つくば, p. 255.
- 12) MATHERON, M. E. (2003): Plant Dis. 87: 1265.
- 13) MATUO, T. and S. MOTOHASHI (1967): Trans. Mycol. Soc. Jpn. 8: 13 ~ 15.
- 14) 松尾卓見 (1980): フザリウム病菌の種類と同定, 松尾卓見・駒田 旦・松田明編, 「作物の16フザリウム病」, 全国農村教育協会, 東京, p. 17 ~ 59.
- 15) MILLANI, M. J. et al. (1999): Iran J. Plant Path. 35: 44.
- 16) 本橋精一ら (1960): 日植病報 25: 47 (講要).
- 17) 西村範夫 (1998): 同上 64: 338 (講要).
- 18) ——— (1999): 同上 65: 357 (講要).
- 19) ——— (2003): 九病虫研会報 49: 37 ~ 40.
- 20) 小川 奎・駒田 旦 (1984): 日植病報 50: 1 ~ 9.
- 21) 小木曾秀紀ら (2000): 関東病虫研報 47: 57 ~ 61.
- 22) ———ら (2000): 植物防疫 54: 322 ~ 326.
- 23) ———ら (2001): 関東病虫研報 48: 27 ~ 31.
- 24) OGISO, H. et al. (2002): J. Gen. Plant Pathol. 68: 292 ~ 299.
- 25) PUHALLA, J. E. (1985): Can. J. Bot. 63: 179 ~ 183.
- 26) 手塚信夫・牧野孝宏 (1991): 日植病報 57: 506 ~ 511.
- 27) TSUCHIYA, N. et al. (2004): J. Japan. Soc. Hort. Sci. 73: 429 ~ 434.
- 28) 山内智史ら (2001): 日植病報 67: 163 (講要).
- 29) YAMAUCHI, N. et al. (2001): J. Gen. Plant Pathol. 67: 288 ~ 290.
- 30) 山内智史ら (2003): 日植病報 69: 29 (講要).

新農薬紹介

「殺虫剤」

ハモグリミドリヒメコバチ剤 (17.6.22)

本剤は、住友化学株式会社が開発したハモグリバエ類を対象にした天敵農薬である。

ハモグリミドリヒメコバチ雌成虫は、植物葉肉内に潜行しているハモグリバエ類幼虫に産卵管を刺し、卵を産みつける。孵化した幼虫は、ハモグリバエ類幼虫の体内で成育する。幼虫は、ハモグリバエ類幼虫の体内で繭を作り蛹となり、成虫羽化する。産卵されたハモグリバエ類幼虫は黒化し死亡する。

商品名：ミドリヒメ

成分・性状：成分・性状：製剤はハモグリミドリヒメコバチ成虫をポリプロピレン瓶に封入したものである(25頭入/15 ml 容器, 50頭入/30 ml 容器, 100頭入/60 ml 容器)。ハモグリミドリヒメコバチは、ハモグリバエ類等の多くの潜葉性昆虫の幼虫やハバチの卵に寄生する内部寄生蜂で、寒帯・熱帯を除く北半球全域からハワイ、アフリカまで広く分布する。日本国内では、北海道、本州、四国、九州および沖縄で多数採取され、各地で優占種となっている。

分類学上の位置：

綱：昆虫綱 (Insecta)

目：膜翅目 (Hymenoptera)

亜目：細腰亜目 (Apocrita)

類：有錐類 (Terebrantia)

上科：コバチ上科 (Chalcidoidea)

科：ヒメコバチ科 (Eulophidae)

亜科：Entedontinae

属：Neochrysocharis

種：ハモグリミドリヒメコバチ

適用作物・使用目的および使用方法 (表-1 参照)

(1) 本剤は、ハモグリバエ類の幼虫に寄生する天敵ハモグリミドリヒメコバチ成虫を含有する製剤である。

(2) 本剤は入手後すみやかに使用し、使いきる。

(3) ハモグリバエ類の生息密度が高くなってからの放飼は十分な効果が得られないことがあるため、ハモグリバエ類の発生初期より7~10日間隔で放飼することが望ましい。

(4) ハモグリミドリヒメコバチの活動に影響を及ぼすおそれがあるので、本剤の放飼前後の薬剤散布は避けること。

(5) 本剤の使用に当たっては使用量、使用時期、使用方法等を誤らないように注意し、また、適用作物群に属する作物・品種によっては、効果が十分に発揮されない場合があるので、特に初めて使用する場合は病害虫防除所等関係機関の指導を受けることが望ましい。

毒性：—

通常的使用方法ではその該当がない。

(魚毒性)：—

この登録に係る使用方法ではその該当がない。

表-1 適用作物・適用害虫および使用方法

作物名	適用病害虫名	10 a 当たり 使用量	使用時期	本剤の 使用方法	使用回数	ハモグリミドリヒメコバチ を含む農薬の総使用回数
野菜類 (施設栽培)	ハモグリバエ類	100 頭	発生初期	—	放飼	—