

レタス根腐病の発生生態と防除

長野県野菜花き試験場 長野県農業技術課
 おぎそひでき 小曾秀紀・藤永 眞史
 し みず 清水 とき や 時 哉

はじめに

レタス根腐病は、我が国では1955年に東京都で初発生の報告がある(MATSUO et al, 1967)。その後近年まで発生が認められなかったが、ここ数年各地で被害が顕在化している。本病は *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* によって引き起こされる土壌病害であり、静岡県、福岡県、北海道等の土耕、水耕栽培で、サラダナに本病菌による病害が発生し(牧野ら, 1993; 西村, 1997; 清水, 1998)、サラダナ根腐病と呼称されている。一方、長野県では、1995年、露地栽培のクリスプヘッドタイプレタス(結球レタス、以後レタス)に根腐病の発生が初確認された。

海外では1990年に、アメリカ合衆国で初発生が報告されている(HUBBARD et al, 1993)が、その後、発生圃場では他作物の栽培等により大きな問題にはなっていない。

暖地におけるサラダナ産地では、年5~6作程度周年栽培され、長野県におけるレタス産地でも、年2作程度の栽培が、圃場によっては過去20年以上繰り返されてきた。これらのことから、本病の発生は、典型的な連作障害の一つと考えられる。長野県産レタスは初夏~秋季にかけ、全国の生産量の大部分を占めているが、現在では発生面積が拡大し、作柄安定上本病は重要病害となっている。

近年各地で本病の発生が顕在化しており、サラダナおよびレタスで本病に関する発生生態、防除に関する研究が蓄積されつつある。本稿では、長野県におけるレタス根腐病の発生状況と、現状における研究成果を中心に紹介したい。

I 発生状況

1995年に長野県レタス産地の2地域において、夏秋作レタスで地上部が萎凋する生育不良株が発見され、レタス根腐病と確認された(藤永ら, 1998)。その後被害

Ecology and Control of Root Rot of Lettuce. By Hideki OGISO, Masashi FUJINAGA and Tokiya SHIMIZU
 (キーワード: レタス, *Fusarium oxysporum*, 根腐病, 発生生態, 防除)

面積は拡大し、1999年に本病の発生が認められた圃場面積は約59haに達した(表-1)。産地別に見ると、発生が確認された4産地のうち、1産地(表中の産地C)の発生面積が突出して多く、急速な拡大が認められる。この原因は検討中だが、以下に述べるような、自然環境と栽培環境の悪条件が深く関わっているものと推察された。標高の比較的低い産地Cでは、かつては高温のため盛夏期のレタス生産は不可能であった。しかし品種育成や栽培技術の向上により生産が可能となり、過剰な連作が恒常化してきた。産地Cに隣接する産地Dでは、自然環境はほとんど同じであるが、アブラナ科野菜との輪作を実施している農家が多く、現状、発生は極めて限定されている。また産地Cは、高標高である高原野菜の産地Aと比較し、夏秋季の平均気温が高く、より発病に好適であると考えられる。栽培体系上も、育苗法の不適により、育苗施設における苗への感染も懸念されている。これら伝染源、発生要因に関しては現在検討中である。

II 発生生態

1 病徴および病原菌

病徴は全身的な萎凋にある。レタスが定植後間もない時期に感染した場合、重症となることが多く、生育が著しく阻害され最終的に枯死する。軽症株も外葉から黄化、萎凋し、結球不十分で収穫不能となる。根部導管部の褐変はクラウン部から根先端部まで及び、重症株はクラウン部近傍が崩壊し空洞化する。被害は圃場内の一部に連続的に見られることが多い。

県内産地3地区から分離した病原菌 *Fusarium*

表-1 長野県におけるレタス根腐病発生圃場面積の推移

産地	発生圃場面積 (ha)				
	'95年	'96年	'97年	'98年	'99年
A	0.1	0.4	0.7	2.6	2.0
B	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
C	2.5	7.0	28.0	32.4	56.8
D	0.0	0.0	1.0	0.7	0.2
計	2.6	7.4	29.8	35.9	59.0

oxysporum f. sp. *lactucae* のレタス品種・系統に対する病原性について検討したところ、各タイプ（バターヘッド、クリスピーヘッド、ロメイン、ステム、リーフ）の品種群で発病に差が認められた（藤永ら、1999）。またクリスピーヘッドタイプレタスの中でも発病が大きく異なり、長野県内に発生しているレタス根腐病菌は、特定の品種に対して病原性の異なる菌株が存在することが示唆された（土屋ら、2000）。現在確認されている菌群は、後述の幼苗検定および判別品種により類別され得る。本病菌の県内での菌群数、地理的分布について、現在検討を進めている。本菌の寄生性分化について、遺伝的解析を含め、全国的な整理も必要と考えられる。

2 発生要因

本病の発生要因は、土壤の生物的、非生物的環境要因、宿主植物の要因、病原菌の要因等多くが関与すると考えられるが、未解明の部分が多い。

発病に至る土壤の環境要因は、主に温度との関係が調査された。本菌の培地上での菌糸生育は10.0～37.5°Cで、生育最適温は25.0～27.5°Cであった。ポット試験の結果、培地上での生育適温にほぼ等しい27.5～32.5°Cで高い発病が認められた（藤永ら、1998）。また、現地発病圃場において、本病の発病消長と温度との関係を検討した。その結果、定植時以降収穫時までの平均気温と発病度に高い正の相関が認められた（小木曾ら、未発表）。1999年における産地Cでは、4月末以降に定植する作型で、地上部に病徴が認められた。

さらに宿主植物の要因を検討するため、病原菌の感染時期が発病程度に及ぼす影響を調査した。その結果、定植時に近い段階で感染するほど、発病までの期間が短く、また発病程度も高かった（小木曾ら、未発表）。したがってレタス根腐病に対するレタスの感受性は、植物体が若齢の場合で高くなる傾向が示唆された。以上のことから、本病の発生は高温により助長され、その影響は特に定植直後の若齢期に大きいと考えられる。実際、産地でも7月上旬～8月中旬定植の作型で被害が大きい。

病原菌の要因として、土壤中の病原菌密度が発病に及ぼす影響について調査した。本菌の *nit* 変異株を利用し、ポット試験で各種土壤中における病原菌密度と発病程度との関係を調査したところ、発病に要する最小の病原菌密度は土壤の種類によって異なり、 $10^1 \sim 10^3$ cfu/g 乾土であった（小木曾ら、1999）。レタス産地土壤では、土壤に接種した病原菌密度と、発病調査時（接種26日）における土壤中の病原菌密度とは相関がなかった。さらに現地圃場の土壤から *F. oxysporum* を多数分離し、病原性の有無を調査した。その結果、土壤中の全 *F.*

oxysporum 菌数は、発生圃場、未発生圃場に関係なく $0.5 \sim 5 \times 10^3$ cfu/g 乾土であり、汚染圃場における病原性菌株は全 *F. oxysporum* の2～14%であった。以上から、本病は比較的低い土壤菌密度でも発病する可能性が示唆された。サラダナ根腐病の場合は、土壤消毒後の1作目に1～2%が軽微に発病し、それにより病原菌密度が増加し、作ごとに発病株が増加する（西村、1997）。選択培地による検討の結果、消毒土壤では5 cfu/g 乾土以下の低菌密度でも発生することが明らかとなっている。

III 防除対策

1 防除対策の現状

レタス産地では、近年まで土壤病害が問題となった事例はなく、本病の発生拡大により、産地でも危機感が高まっている。後述のように、クロルピクリン剤による土壤消毒は、処理上問題点を抱えるうえ、環境保全型農業の見地からも使用はできるだけ避けることが望ましいと考えられた。さらに産地での土壤消毒に対する抵抗感もあり、土壤消毒を前提とした連作は行わない方針で対策を検討した。その結果、当面の対策として、発生圃場ではレタスの作付けを極力控えるとともに、キク科以外の作物を組み合わせた輪作体系の導入によって、発病の軽減を図ることを基本とした。さらに発病を回避する作期、栽培技術等の耕種的防除を組み合わせた総合的な防除対策により、長期的な産地維持を図ることとした。

具体的には、現在他作物の導入が進みつつあり、被害が大きい産地Cでも、レタスの連作から、ネギ、キャベツ等を作付けする圃場が増加した。圃場への負荷を減らすため、レタス栽培は年1作に止める圃場もある。さらに発生のおそれがある圃場でも、レタスを作付けする際は、発病回避の目的で春作の作期を前進化し、夏秋作は他作物への転作が図られている。レタス品種も、本病に感受性の高い品種の作付けは避けられている。

被害の拡大阻止も実施されている。育苗時の感染を防ぐため、高床での育苗管理が指導されている。また風食による汚染土壤の移動を抑制するため、カバークロープとして、冬季にはライ麦等を栽培し、土壤の飛散防止が図られている。トラクターの耕耘による汚染土壤の移動も避けるため、トラクターに付着した土壤の除去方法、殺菌洗浄施設の建設等が検討されている。

2 化学的防除

本病の発生に対する緊急対策として、カーバムナトリウム塩液剤、ダゾメット粉粒剤、ベノミル水和剤、クロルピクリンくん蒸剤等の土壤消毒に関する試験を実施し

た。その結果、実用的な防除効果が認められたのは、クロロピクリン剤のマルチ畦内消毒のみであった(藤永ら, 1998)。産地Cの試験圃場では、本剤処理によるレタス生育への大きな影響は認められなかったが、産地Aの試験圃場では、土壤中のアンモニア態窒素の増加が原因と考えられる過剰生育等による異常株が、多数認められた。県内では他作物で、クロロピクリン剤のマルチ畦内消毒が普及しているが、レタスの場合は適正な肥培管理による生育異常株の回避技術の検討が必要と考えられた。またクロロピクリン剤による土壌消毒は、レタスでは露地における大面積の処理が必要であり、さらに様々な作期の圃場が近接していることから、栽培期間中は隣接圃場への薬害が懸念される。従って現状では、防除効果は認められるものの、直ちに導入することは困難であると考えられた。

3 病害抵抗性誘導物質の利用

近年、アシベンゾラルSメチルをはじめとした病害抵抗性誘導物質に大きな注目が集まっている(石井, 1999)。病害抵抗性誘導物質により、本病に対する全身獲得抵抗性(SAR)をレタスに付与できれば、有効性は大きいと考えられる。SAR誘導が期待されるプロベナゾール粒剤、アシベンゾラルSメチル粒剤、同水和剤、バリダマイシン液剤を供試し、播種時処理、育苗時処理、鉢上げ時処理の各処理法により、ポット試験でレタス根腐病発病抑制効果を調査した(清水, 1999, 表-2)。その結果、プロベナゾール粒剤の鉢上げ時混和処理およびバリダマイシン液剤の鉢上げ時灌注処理で、高い発病抑制効果が認められた。プロベナゾール粒剤の播種時混和処理は効果が劣り、薬害も認められた。アシベンゾラルSメチル剤はいずれの処理法も効果が低く、一部薬害も認められた。バリダマイシン剤の効果機作につ

いては、いまだ十分解明されていない。現在、その他の薬剤も対象に、ポットレベルでさらに検討を行い、併せて圃場試験も実施している。

4 生物防除

本病の生物防除は土耕およびサラダナ根腐病に対し非病原性 *F. oxysporum* (以下、非病原菌) 利用による研究が行われている。土耕のサラダナでは、クロロピクリン剤で土壌消毒したハウスにおいて、非病原菌培養種を土壌混和した結果、発病が抑制された(西村, 1998)。非病原菌無接種区では作ごとに病原菌密度が増加したが、非病原菌の土壌接種区では病原菌密度が低く、非病原菌密度は $1.3 \sim 2 \times 10^5$ cfu/g 乾土に維持された。また、水耕栽培におけるサラダナ根腐病では、非病原菌の bud cell を水耕タンクに投入したところ、顕著な病害防除効果が認められた(牧野ら, 1993)。本処理によりサラダナ、ミツバ、葉ネギ、トマトに対し生育促進効果も認められている。

一方レタス根腐病においても、非病原菌利用による生物防除の試験を行った。レタス健全株組織内およびレタス産地土壌より非病原菌を分離し、育苗時に非病原菌を接種したところ、ポット試験で顕著な防除効果が示された(小木曾ら, 2000)。圃場試験では、育苗時に非病原菌の bud cell を接種し、汚染圃場に定植して防除効果を調査したところ、効果は認められるもののその程度はやや低かった。圃場条件が甚〜多発条件下での試験であったことから、不十分な防除効果であったと考えられ、現在は耕種的防除法との組み合わせによる試験を実施している。

5 耕種的防除

本病の耕種的防除として土壌管理による発病抑制技術および栽培管理による発病回避技術について検討を行っ

表-2 各種病害抵抗性誘導物質の発病抑制効果

供試薬剤	処理方法	地上部		根部		薬害*
		発病株率 (%)	発病度	発病株率 (%)	発病度	
プロベナゾール	播種時混和	100.0	76.7	100.0	70.0	+
プロベナゾール	播種時混和+鉢上げ時	100.0	33.3	60.0	20.0	+
アシベンゾラルSメチル	播種時混和	100.0	90.0	100.0	90.0	+
アシベンゾラルSメチル	播種時混和+育苗時浸漬	100.0	76.7	100.0	93.3	+
アシベンゾラルSメチル	育苗時浸漬	100.0	96.7	100.0	96.7	-
アシベンゾラルSメチル	育苗時浸漬+鉢上げ時灌注	100.0	93.3	100.0	93.3	-
	無処理	100.0	100.0	100.0	100.0	
プロベナゾール	鉢上げ時混和	90.0	33.3	10.0	3.3	-
バリダマイシン	鉢上げ時灌注	20.0	10.0	10.0	3.3	±
	無処理	90.0	53.3	70.0	56.7	

*: 薬害: プロベナゾール, アシベンゾラルSメチル: 発芽後の生育抑制, バリダマイシン: 葉色の淡化。

表-3 輪作試験の作付品目・作付体系

区 No	1998年	1999年			2000年	
		春	秋	冬		
1	キャベツ	キャベツ	堆肥	キャベツ	ライ麦	キャベツ (一部レタス)
2	キャベツ	キャベツ	エン麦	キャベツ	ライ麦	キャベツ (一部レタス)
3	スイートコーン	スイートコーン	堆肥		ライ麦	スイートコーン (一部レタス)
4	ネギ	ネギ			ライ麦	ネギ (一部レタス)

ている。

土壌管理面では、輪作による発病軽減技術が根幹となる。1998年より、各種輪作体系の現地試験を実施している(表-3)。試験は1998年以前に本病の発生が確認された数圃場で実施され、本年度以降順次レタスを作付けし、根腐病の発生程度を調査する予定である。現地試験では、産地で経営上導入しやすい作物で栽培体系を設定している。発病抑制効果の高い作物の検索について、実験室レベルでも検討中である。さらに土壌の理化学性や有機物資材が、本病の発生に与える影響について調査中である。

栽培管理面では、前述の栽培時期と発病との関係を利用した発病回避技術のほか、育苗法改善による発病遅延技術の検討を行っている。

6 抵抗性品種の育成

抵抗性品種の育成は、本病の防除上重要な位置を占めると考えられる。HUBBARDら(1993)はアメリカ国内品種で抵抗性検定を実施し、真性抵抗性を示す品種はなかったが、'サリナス'は比較的耐病性が高かったことを報告している。

レタス根腐病に対する抵抗性品種・系統の選抜は、セルトレイを利用した幼苗検定で可能である(土屋ら, 1998)。異なる採取地による2菌株を供試し、国内で市販、育成されたレタス品種・系統の抵抗性を調査したところ、抵抗性に品種間差が認められたが、両菌株に真性抵抗性を示す品種は認められなかった。さらに本病菌3菌株を供試し、長野県野菜花き試験場所有の152品種・系統の抵抗性を検討したところ、それぞれの菌株に対し、抵抗性を示した品種としてVP 1010, VP 1013を選抜した。両品種は、本病菌株に対する抵抗性が大きく異なることから、前述した本病菌の寄生性分化を確認するための、指標植物としての利用も可能と考えられた。現在選抜系統を利用した抵抗性品種の育成を進め、これら系統について現地適応性試験を実施している。民間による育種も行われているが、県内では病原性の異なる菌株が存在していることから、慎重な品種選定が必要と考えられる。

7 圃場検診

圃場の病原菌汚染の有無、および土壌中の菌密度を検定することによって本病の発生を事前に予測できれば、効率的な防除対策の組み立てが可能と考えられる。サラダナの場合、GMBP培地で土壌から分離した*F. oxysporum*は、コロニーの色から病原性の有無を判断できるとされる(西村, 1997)。しかしレタス産地土壌から分離した菌株は、必ずしもコロニーの色からは、病原性の有無を判断できなかった(小木曾, 未発表)。このことから現在他の手法も含め、土壌からの直接的な病原菌の検出を試みるとともに、生物検定法についても検討を行っている。

おわりに

一般の土壌病害防除に、総合防除が必要なのは言うまでもないが、現実には土壌消毒もしくは抵抗性品種(抵抗性台木含む)による対策が中心となり、連作されている場合が多い。本病の場合、長期的な視野に立ち、土壌消毒を前提とした連作は、できるだけ避けることが防除の基本方針である。このことから早急に抵抗性品種の育成を進めるとともに、現在進めている各種防除対策を組み合わせた、総合的な防除技術の構築が必要である。本病の本格的な研究は歴史が浅く、得られた知見も限られているが、今後さらに研究を進め、発生生態や菌の変異性、抵抗性の遺伝性等の基礎的研究分野の蓄積を図る必要がある。ハクサイ根こぶ病では、農業研究センターが当野菜花き試験場と共同で「連作障害防止のための圃場カルテシステムの開発」を構築した。同システムでは、圃場ごとに発生程度を予測し、その程度に応じて適切な個別防除技術を選択し、経営評価も加えて防除指針が圃場ごとに提示される。本病に関しても同様なシステムが求められており、それが防除技術の統合された一つの形となるであろう。さらに圃場単位のみならず、産地全体としての広域的かつ長期的な防除対策も必要である。関係機関協力の下、産地一丸となった取り組みによる、レタスの持続的安定生産が期待されている。

引用文献

- 1) 藤永真史ら (1998): 日植病報 64: 331.
- 2) ——— (1999): 同上 65: 655.
- 3) HUBBARD, J. C. et al. (1993): Plant Disease 77: 750~755.
- 4) 石井英夫 (1999): 植物防疫 53: 393~397.
- 5) 牧野孝宏・熊倉和夫 (1993): 日植病報 59: 43.
- 6) MATSUO, T. and S. MOTOHASHI (1967): Trans. Mycol. Soc. Jpn. 8: 13~15.
- 7) 西村範夫 (1997): 日植病報 63: 481.
- 8) ——— (1998): 同上 64: 338.
- 9) 小木曾秀紀ら (1999): 関東東山病虫研報 46: 39~42
- 10) ———ら (2000): 同上 47: 投稿中.
- 11) 清水基滋 (1998): 北日本病虫研報 49: 51~53
- 12) 土屋宣明ら (2000): 日本植物病理学会大会講要: 81.
- 13) ——— (1998): 園学雑 67別2: 333.

書評

「農業のおはなし」

松中昭一著

A5判, 191ページ

定価: 本体1,300円 (税別)

日本規格協会 発行

情報があふれ、何を信じてよいのか分からないこの世の中で、こと農業に対してはマイナスのイメージが強く、その使用に対して不安が募る私達に、農業の基礎知識を与え、自ら判断する力を付けてくれる格好の読み物だと思います。作者は長年農業の研究を続けてこられた方で、この本では、現状の農業が農業なしで成り立たないことを検証し、その事実を受け入れた上で、農業問題が生じた理由を考え、反省し、社会的対応策や、今後採られるべき施策、新農業開発の目標について述べられています。

「農業のおはなし」は、おはなしの文字通り、堅い農

業の話を、その定義から始まり、種類、特性、作用機構、環境への影響と、順を追ってわかりやすく軽いタッチで書かれているため、農業の知識のない方や学生さんでも抵抗なくどんどん読み進んでいける本です。それにも拘わらず、その内容は濃く、農業に詳しい方はもちろん農業生産者や農業に関係する方にも十分満足のゆくものとなっています。

また、4章では、なるほど! 農業耳学問と銘打って、農業経済学および農業にまつわるエピソード…「殺菌剤が堆肥の中で除草剤に化ける」、「生物を使った雑草防除」 「遺伝子組換えによる除草剤抵抗性グイズの作出」など興味深いエピソードがなんと15話も収載されています。中でも今も優良な殺菌剤であるボルドー液は、フランスのボルドー地方でブドウの泥棒除けにと、ブドウに青い色をぬった硫酸銅と石灰が始まりで、ブドウの病気の防除効果を持つことの発見、そして現在に至るまでの歴史は興味深いものです。一般の方々も楽しみながら農業への知識を深め、理解を広げて頂ければ幸いです。

(塩澤宏康)

学 界 だ よ り

○第15回報農会シンポジウム「植物保護ハイビジョンー2000」—新世紀における農業(植物保護)のめざす方向—

■主催

財団法人報農会

■日時

平成12年9月29日(金)10:00~17:00

■場所

「北とびあ」つつじホール 東京都北区王子1-11-1

TEL(03)5390-1100 JR京浜東北線・地下鉄南北線:王子駅より徒歩2分

■参加費及び申し込み方法

一般5,000円(当日参加6,000円)学生1,000円:シンポジウム参加者全員は表彰式・懇親会へ招待されます。

申込み:郵便振替 口座00100-5-103214財団法人報農会へ9月11日までに振込むと前もってテキストと名

札が送付されます。なお、11日以降の申込みも受け付けておりますので、事務局までお問い合わせ下さい。

事務局:〒187-0011 東京都小平市鈴木町2-772

植物防疫資料館内 TEL・FAX(042)381-5455

中村廣明・関口義兼

■講演

10:10 天敵利用の現状と方向(根本 久氏:埼玉県農林総研セ園芸支所)

11:00 海外農業市場と企業動向(宮川俊一氏:農業工業会)

11:45 植物検疫の国際的動向(小林敏郎氏:全国植物検疫協会)

13:30 多系品種利用いもち病防除(辻 英明氏:宮城県農業セ)

14:20 植物保護と環境(中村幸二氏:埼玉県農林総研セ)

15:10 実践農家の農業経営(喜瀬邦彦氏:大津農協)

16:00 総合討論

17:00~19:00 功労者表彰式及び懇親会