

## カルシウム栄養条件とトマト青枯病抵抗性

農林水産省野菜・茶業試験場

環 境 部 山 崎 浩 道

### 1. はじめに

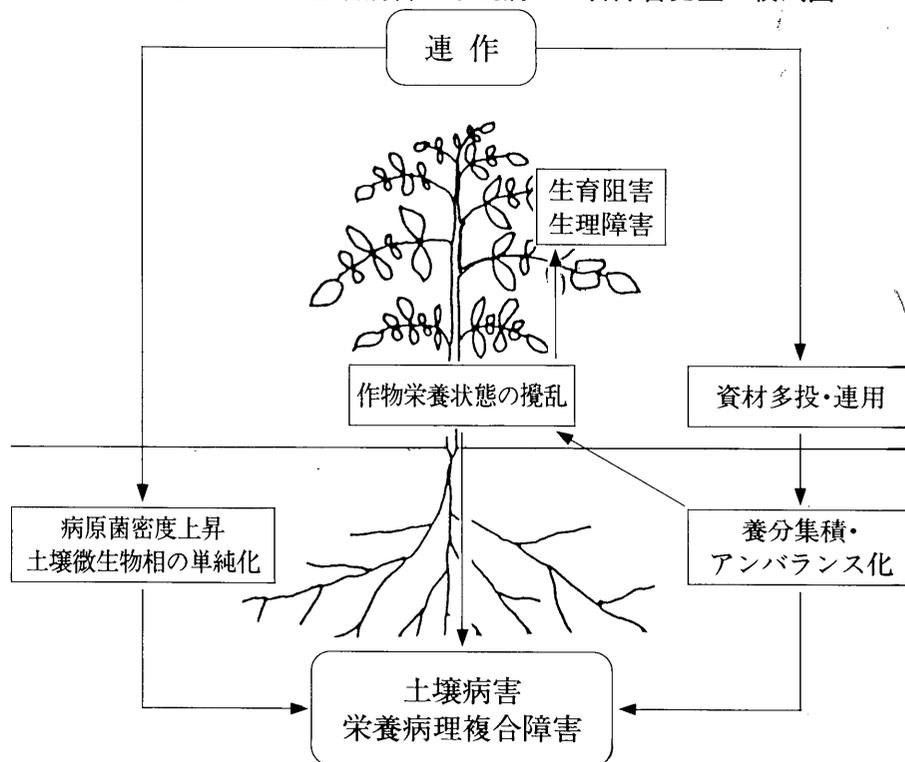
各地の野菜産地では種々の経営的理由から、単一作物の連作が広く行われ、連作障害の発生が恒常化している。野菜試のアンケート調査(1984)によれば、連作障害の主因は土壤病害であり、ナス科作物の青枯病、アブラナ科作物の根こぶ病など多くの土壤病害が各地で大きな問題となっている。現状では多くの産地で薬剤による土壤消毒と抵抗性品種・台木を用いた栽培により土壤病害を回避することが広く行われているが、その効果は必ずしも完全ではなく、逆に深刻化している例も見受けられる。また、土壤消毒剤は環境保全等の観点から今後、使用を規制される可能性があり、抵抗性品種・台木の利用についても抵抗性の喪失が一部で認められるなど将来的に多くの問題を抱えており、新たな連作障害・土壤病害対策技術の確立が急務となっている。

一方、野菜畑土壤では多肥に起因する土壤養分富化およびアンバランス化が広く認められており、いわゆる有機栽培においても有機物多投による養分富化の事例がみられる。これらは作物の生育阻害や生理障害等の形で作物生産に被害をもたらしているが、それ以外にも作物に潜在的なストレスを与えているものと予想される。

上記のような、連作に伴

う土壤病害の発生と土壤養分富化・アンバランス化による作物栄養ストレス状況との間には密接な関係があると考えられ、不適切な肥培管理により作物体内の栄養条件が攪乱され、発病が助長される現象を「栄養病理複合障害」(図1)と呼んでいる。これについては、土壤肥科学と植物病理学との境界分野であるため我が国では研究事例が数少ない。しかしながら、その現象を解明し、養分管理による病害制御技術を開発することは今後、新たな連作障害・土壤病害対策技術を確立する上で重要となろう。そこで本稿では、その一例として、各種病害の発病に関与することが知られているカルシウム(Ca)栄養条件と病害抵抗性との関係について、これまでの知見を概説するととも

図1 連作に伴う土壤病害・栄養病理複合障害発生の模式図



に、筆者等がトマト青枯病抵抗性を対象に行った研究を例に解説する。

## 2. Ca 栄養条件と病害抵抗性

石灰資材施用が多くの病害の発生に影響を与え、おおむね抑制的に作用することが古くから知られている。この場合、そのメカニズムとしては以下の3つの可能性が考えられる。

①施用された成分が直接、病原菌に作用し、その密度、活性などに影響を与える場合

②施用によって生ずる土壌 pH の変化等の二次的な要因が作用する場合

③作物の養分吸収による栄養条件の変化が病害抵抗性を変化させる場合

例えば、消石灰、石灰窒素等はそれ自体に殺菌効果を持ち、古くから病害防除に利用されてきた。また、アブラナ科作物の根こぶ病では土壌の高 pH 条件下で発病が抑制され、産地では石灰施用が広く行われている。逆にジャガイモそうか病では高 pH 条件で著しく発病が促進されるため、石灰無施用による低 pH 管理が行われている。これらの石灰資材の直接的効果や pH を介した効果の他に、上記③にあたる作物 Ca 栄養条件の変化による病害抵抗性の変化が広く認められる。

これまでの研究例では、トマト萎ちょう病、メロンつる割病、トマトかいよう病、バラ、トマト、ナス、トウガラシ、キュウリの灰色かび病、アブラナ科根こぶ病、各種作物の苗立枯病、タマネギ黒かび病、リンゴ、ジャガイモの数種貯蔵病害などで作物の Ca 栄養条件が発病に関与することが示されており、いずれも作物体内への Ca 吸収が高まった場合に発病が抑制される。

## 3. Ca 栄養条件とトマト青枯病抵抗性

### (1) 青枯病発生の現状

*Pseudomonas solanacearum* による青枯病はトマトなどのナス科野菜のほか、100種以上の植物を侵す多犯性の土壌病害である。日本でトマト、ナスなどの難防除病害となっているほか、世界的にも熱帯・亜熱帯地域で深刻な被害をもたらしている。現在、抵抗性台木を用いた接ぎ木栽培が対策として広く行われているが、それらの抵抗性は必ずしも完全ではなく、最近では接ぎ木栽培での発病が全国各地で大きな問題となっている。

### (2) Ca 栄養条件とトマト青枯病の発病

上記のような抵抗性品種の発病に Ca 栄養条件が関与するものと考え、以下の試験を行なった。

青枯病抵抗性の異なるトマト3品種（罹病性：ポンデローザ、中程度抵抗性：瑞栄、高度抵抗性：Hawaii 7998）の苗を水耕法で培養液 Ca 濃度を3段階（低 Ca 区：0.4 mM、標準 Ca 区：4.4 mM、高 Ca 区：20.4 mM、各 pH 5.8）に設定して栽培し、青枯病菌を接種した。

接種時におけるトマトの葉の Ca 含有率は培養液 Ca 濃度に対応しており、作物体の Ca 栄養条件が変化したことを示している（表1）。

表1 培養液Ca濃度とトマト葉のCa含有率

培養液Ca濃度 (mM)	葉Ca含有率(%乾重)		
	ポンデローザ	瑞栄	Hawaii7998
0.4	0.85	0.98	1.28
4.4	2.52	2.71	3.31
20.4	3.81	3.32	4.44

各品種の発病経過を図2に示した。罹病性品種では接種後4日目以降、速やかに発病・枯死したのに対し、中程度抵抗性品種では発病が Ca 条件によって大きく異なり、低 Ca 区で高度に発病が認められたが、高 Ca 区ではほとんど認められなかった。また、高度抵抗性品種では標準 Ca 区、高 Ca 区で抵抗性が発揮され、試験期間中全く発病がみられなかったが、低 Ca 区では高頻度に発病がみられた。

このようにトマト青枯病に対する抵抗性の発現は Ca 栄養条件の影響を強く受け、低 Ca 条件で抵抗性が低下し、高 Ca 条件で高度に発揮されることが明らかとなった。

### (3) Ca 栄養条件と青枯病菌の増殖

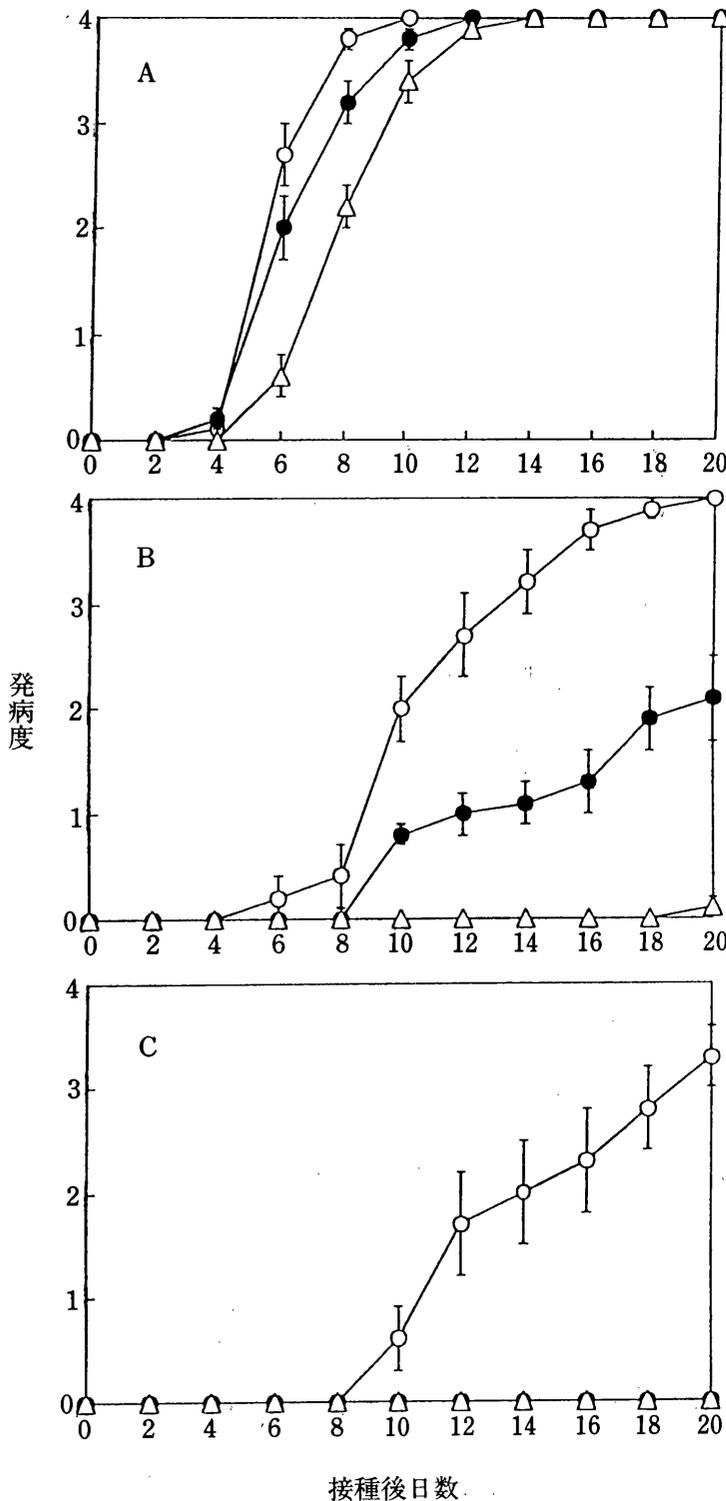
上記と同様に栽培・接種したトマトの茎内における青枯病菌密度を選択培地により計数した結果

表2 培養液 Ca 濃度がトマト茎内の青枯病菌密度に及ぼす影響

培養液Ca濃度 (mM)	青枯病菌密度 (LogCFU/g生重)		
	ポンデローザ	瑞栄	Hawaii7998
0.4	10.1	9.0	7.1
4.4	9.4	9.5	6.1
20.4	9.1	8.5	5.1

接種後5日目

図2 培養液Ca濃度が抵抗性の異なるトマト3品種の青枯病発病に及ぼす影響



A: ポンデローザ(罹病性)、B: 瑞栄(中程度抵抗性)、C: Hawaii7998(高度抵抗性)  
 ○: 0.4mM Ca, ●: 4.4mM Ca, △: 20.4mM Ca  
 発病度: 0 = 全株健全 ~ 4 = 全株枯死

果、品種の抵抗性が高まるほど、また、培養液Caの濃度が高まるほど菌密度が低下する傾向がみられた(表2)。しかし、それらの差は発病差ほど大きくなく、全く発病が見られない場合においても青枯病菌がある程度の密度で生存していた。したがって、Ca栄養条件による抵抗性の変動にはCaを介した菌の増殖抑制が関与するものと推定された。

(4) Ca 栄養条件による抵抗性変動のメカニズム

これまでに細胞壁へのCaの結合による細胞壁構造の強化、Caによる細胞膜機能の維持、病原菌の細胞壁分解酵素活性の阻害、エチレン生成の関与などがCaによる発病抑制の機構として推定されてきたが、現在のところ詳細は全く不明である。

一般に病害抵抗性にはファイトアレキシンなどの抗菌性物質の生成や過敏反応等が大きな役割を果たすことが知られているが、青枯病抵抗性の機構については未だに不明の点が多い。しかし、上記のように抵抗性の発現がCa栄養条件に依存し、かつ高Ca条件下での無発病の抵抗性品種においても菌がある程度の密度で生存している現象は非常に興味深い。このような抵抗性品種のいわゆる「潜在感染」は他の青枯病抵抗性品種についてもみられる。

これらのことから、青枯病抵抗性には病原菌の増殖・移動を制限する何らかの植物体内の因子が関与し、それがCaと深く関わっているものと想定される。今後、このような因子の解明が大きな課題となる。

4. Ca 栄養条件の制御と土壌管理・施肥

(1) 野菜畑におけるCa施用の問題点

現在、多量の石灰質資材が野菜畑に投入され、一部では過剰傾向がみられているにもかかわらず、依然としてトマトの

尻腐れやハクサイの心腐れなど Ca 欠乏が大きな問題となっている。これには、石灰施用が作物への Ca 供給の目的ではなく、土壤の酸性矯正を主目的として行われてきたことや、土壤養分富化・アンバランス化が拮抗的に Ca 吸収を阻害していることなどが深く関わっている。さらに、作物の Ca 吸収には施用石灰資材の種類・量、施用方法、土壤水分条件、地温、蒸散、根の生長・活性などが大きく関与しており、作物の Ca 栄養条件の制御にはこれらの数多くの要因を考慮に入れる必要がある。

### (2) 緩効性肥料, 有機物による Ca 施用

野菜では Ca 要求量がイネなどと比較して多いことから、養分としての Ca を生育後期まで持続的に供給しうるような施肥技術が必要となる。その一つの方策として、緩効性 Ca 肥料(ロングショウカルなど)の開発・利用があげられる。すなわち、作物の Ca 吸収に応じた Ca 放出パターンを持った肥料が開発・利用されれば、Ca 欠乏の防止とともに病害軽減の意味からも将来的に有用となろう。

また、有機物に含まれる Ca についても、有機

物施用による病害の軽減にその関与が示唆されており、今後は有機物施用による作物への Ca 供給の可能性についても検討してゆく必要がある。

### (3) 土壤診断・栄養診断手法の開発

これまで主に交換性石灰の値が土壤診断に用いられてきたが、それが充分量あっても Ca 欠が発生する事例が数多く認められる。そのため、作物の Ca 吸収に対応した新たな土壤 Ca 測定手法の開発ならびにその診断基準の策定が必要とされる。また、作物の Ca 吸収には、前述のように多くの要因が関与することから、作物の Ca 栄養条件を簡易・高感度にモニターできる新たな栄養診断手法の開発が望まれる。

### 5. おわりに

近年、環境保全型農業に対する関心が非常に高まっており、土壤・施肥管理、病害防除ともに新たな観点からの技術開発が強く求められている。輸入野菜の増加、生産者の高齢化など野菜生産を取り巻く状況は厳しさを増しつつあるが、今後の研究・技術開発の進展による新たな野菜生産技術の確立を期待したい。

## チッソ旭の新肥料紹介

★作物の要求に合わせて肥料成分の溶け方を  
調節できる画期的コーティング肥料……………

**ロング<sup>®</sup>**〈被覆燐硝安加里〉 **LPコート<sup>®</sup>**〈被覆尿素〉

★緩効性肥料……………**CDU<sup>®</sup>**

★バーミキュライト園芸床土用資材……………**与作<sup>®</sup> V1号**

★硝酸系肥料のNo.1……………**燐硝安加里<sup>®</sup>**

★世界の緑に貢献する樹木専用打込み肥料……………**グリーンパール<sup>®</sup>**



チッソ旭肥料株式会社