

特集：疫病

ダイズ茎疫病に関する最近の話題

兵庫県立農林水産技術総合センター ^{すぎ}杉 ^{もと}本 ^{たく}琢 ^ま真

はじめに

国産ダイズの約80%は排水性の悪い水田転換畑で栽培されているため、降雨が続く場合は湿害や土壌病害による被害を受けやすい。なかでもダイズ茎疫病（以下、茎疫病）は、全国各地で発生が増加傾向にある土壌病害の一つである。

茎疫病は *Phytophthora sojae* により引き起こされる難防除病害であり、ダイズの生育全般を通して発生し、主に播種直後から生育初期にかけて被害を引き起こす。茎疫病に感染したダイズは、主茎の地際部あるいは根部に水浸状の病斑を生じ、感染後約1週間程度で萎凋・枯死する（図-1 a）。また、罹病植物には多数の遊走子のうが形成され、ここで生じた遊走子が降雨や灌水によって水媒伝染することから被害が容易に拡大し、大幅な減収となる圃場も見られる（図-1 b）。茎疫病菌の卵胞子は土壌中で数年間生存できるため、多発生圃場では長期にわたり茎疫病の被害を受ける。国内における被害額の試算はされていないが、米国では262億円（2005年）の被害が生じている（WRATHER et al., 2006）との報告がある。

茎疫病は1951年に米国オハイオ州で初発が確認され、その後はアルゼンチン、オーストラリア、ブラジル、カナダ、中国、ハンガリー、イタリア等で発生が認められている（SCHMITTHENNER, 1999）。国内では1977年に北海道で初発が確認され、静岡、山形、秋田、佐賀、新潟、福岡、兵庫、福井、宮城等26道県で発生が認められている（西・高橋, 1990）。現在も発生拡大が進んでいるため、早急な対策が必要である（SUGIMOTO et al., 2012）。

国内における主な茎疫病対策としては高畦栽培や排水対策、あるいは薬剤散布（銅粉剤、マンゼブ・メタラキシル水和剤、ジメトモルフ・銅水和剤、ジアゾファミド水和剤、アミスブルロム水和剤等）が挙げられる。米国のダイズ生産は資本集約的な大規模栽培であるため、省力、低コストの面から抵抗性品種の利用が最も有効な防除手段であると考えられる（SCHMITTHENNER, 1999）。今後、

我が国では農業就業者の高齢化が一層進む可能性があることから、省力で安定した防除効果が得られる抵抗性品種の利用に加え、環境保全型の技術に基づいた防除対策の開発が重要である。

このような背景を受け、筆者はこれまで茎疫病菌のレースの分類と抵抗性母本の選定、DNAマーカーによる抵抗性品種の育成、茎疫病圃場抵抗性の解析、カルシウム資材を利用した発病低減効果について研究を行ってきた。本稿ではこれらに関して国内外の研究情報を紹介するとともに、筆者らが取り組む最近の研究と今後の課題について以下述べていきたい。

I レースの分類と抵抗性母本の選定

茎疫病菌にはレースの分化が報告されている。茎疫病抵抗性品種の育成に関してまずはレース特異的抵抗性を主とした真性抵抗性の付与が重要と考えられる。真性抵



図-1 a 茎疫病の発生状況（生育初期に発生した茎疫病の発病株）



図-1 b 茎疫病多発生圃場の様子

Current State on Phytophthora Stem and Root Rot Disease of Soybeans. By Takuma SUGIMOTO

（キーワード：ダイズ、茎疫病、抵抗性、DNAマーカー、*Phytophthora sojae*）

抗性遺伝子 (*Rps*) はこれまで 8 座 (*Rps1* ~ *Rps8*) で対立遺伝子を含めると 14 遺伝子が報告されている (表-1)。広範囲の地域で利用可能な抵抗性品種を作出するためには、地域ごとのレース分布の把握と抵抗性母本の選定が必要である。

レースの分類については 1980 年代より米国において研究が開始され、近年では 8 遺伝子 (*Rps1a*, *Rps1b*,

Rps1c, *Rps1d*, *Rps1k*, *Rps3a*, *Rps6*, *Rps7*) に対する分離菌の反応パターン (病原型) に基づき 55 レースが同定されている (GRAU et al., 2004; 表-2)。米国においては *Rps1k* が多数のレースに対して抵抗性を示したことから、抵抗性育種に利用が図られている (SCHMITTHENNER, 1999; 表-3)。

国内では 1978 年に北海道において米国レース判別品種を用いたレース判別が実施されたが、ほとんどの分離菌が米国の 55 レースとは合致しなかった。このため国産ダイズ 6 品種を日本のレース判別品種に選定し、判別をやり直した (土屋ら, 1990)。その結果、北海道の分離菌は 10 レース (A ~ J) に分類でき (表-3)、主要レースは D, A, J であることが明らかとなった。この結果をもとに抵抗性母本が探索され、10 レース抵抗性の 'はや銀 1', 'KLS733-1' が選抜された (表-4)。

兵庫県では 1987 年に黒大豆 '丹波黒' で茎疫病の初発生が確認された。2000 年以降に茎疫病の被害が拡大したことから、抵抗性品種の育成が求められてきた。そこで、筆者らは 2002 ~ 08 年にかけて県下 7 地域の 164 圃場から分離した 164 菌株を使用し、レース判別を行った。その結果、既報の 5 レース (A, C, D, E, G) と 5 種類の新レース (K, L, M, N, O) の存在が明らかとなった (SUGIMOTO et al., 2006; 表-3)。ダイズ 24 品種を用いて主要レース群 (E, A) に抵抗性を示す品種を探索

表-1 ダイズ茎疫病真性抵抗性遺伝子の種類

ダイズ品種	抵抗性遺伝子	ダイズ分子連鎖群
L88-8470	<i>Rps1a</i>	N
L77-1863	<i>Rps1b</i>	N
L75-3735	<i>Rps1c</i>	N
PI103091	<i>Rps1d</i>	N
L77-1794	<i>Rps1k</i>	N
L76-1988	<i>Rps2</i>	J
L83-570	<i>Rps3a</i>	F
L91-8347	<i>Rps3b</i>	F
L92-7857	<i>Rps3c</i>	F
L85-2352	<i>Rps4</i>	G
L85-3059	<i>Rps5</i>	G
L89-1581	<i>Rps6</i>	G
L93-3258	<i>Rps7</i>	N
PI399073	<i>Rps8</i>	F

国内外では *Rps1d*, *Rps1k* が有効と考えられている (SUGIMOTO et al., 2012)。

表-2 米国のダイズ茎疫病菌レース*

レース	病原性型	レース	病原性型	レース	病原性型
0	—	19	1a, 1b, 1c, 1d, 1k, 3a	38	1a, 1b, 1c, 1d, 1k, 3a, 6, 7
1	7	20	1a, 1b, 1c, 1k, 3a, 7	39	1a, 1b, 1c, 1k, 3a, 6, 7
2	1b, 7	21	1a, 3a, 7	40	1a, 1c, 1d, 1k, 7
3	1a, 7	22	1a, 1c, 3a, 6, 7	41	1a, 1b, 1d, 1k, 7
4	1a, 1c, 7	23	1a, 1b, 6, 7	42	1a, 1d, 3a, 7
5	1a, 1c, 6, 7	24	1a, 3a, 6, 7	43	1a, 1c, 1d, 7
6	1a, 1d, 3a, 6, 7	25	1a, 1b, 1c, 1k, 7	44	1a, 1d, 7
7	1a, 3a, 6, 7	26	1b, 1d, 3a, 6, 7	45	1a, 1b, 1c, 1k, 6, 7
8	1a, 1d, 6, 7	27	1b, 1c, 1k, 6, 7	46	1a, 1c, 3a, 5, 7
9	1a, 6, 7	28	1a, 1b, 1k, 7	47	1a, 1b, 1c, 7
10	1a, 1b, 1c, 1d, 1k, 3a	29	1a, 1b, 1k, 6, 7	48 = 1 ^b	(5), 7
11	6, 7	30	1a, 1b, 1k, 3a, 6, 7	49 = 5 ^b	1a, 1c, (4), 6, 7
12	1a, 1b, 1c, 1d, 1k, 3a	31	1b, 1c, 1d, 1k, 6, 7	50 = 13 ^b	(4), 6, 7
13	6, 7	32	1b, 1k, 6, 7	51	1c, 5, 6, 7
14	1c, 7	33	1a, 1b, 1c, 1d, 1k, 7	52 = 1 ^b	(3b, 5), 7
15	3a, 7	34	1a, 1k, 7	53	1a, 1b, 1c, 3a, 5, 7
16	1b, 1c, 1k	35	1a, 1b, 1c, 1d, 1k	54	1d, 7
17	1b, 1d, 3a, 6, 7	36	3a, 6	55	1d, 3a, 3c, 4, 5, 6, 7
18	1c	37	1a, 1c, 3a, 6, 7		

* GRAU et al., (2004) のデータを一部編集。

米国では 8 種類の抵抗性遺伝子 (*Rps1a*, *1b*, *1c*, *1d*, *1k*, *3a*, *6*, *7*) に対する分離菌の反応パターンから 55 レースが報告されている。

表-3 日本のダイズ茎疫病菌レース

判別品種	レース														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
イスズ	S	S	R	S	S	S	S	S	R	S	S	S	R	R	R
中生光黒	R	S	S	R	S	S	S	S	S	S	R	R	R	R	S
キタムスメ	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	R	S	R	S
トヨスズ	R	R	S	R	S	R	S	S	S	S	R	R	R	R	R
ゲデンシラズ1号	R	R	R	R	R	R	R	S	S	S	R	R	R	R	R
黄宝珠	R	R	R	S	R	S	S	R	S	S	S	R	R	R	R

R 抵抗性, S 罹病性. ただし, 発病株率が 20%未満のものを抵抗性 (R), 80%以上のものを罹病性 (S) と判定した.

国内ではダイズ 6 品種 (抵抗性遺伝子は未解明) に対する分離菌の反応パターンから 15 レースが報告されている.

A ~ J は土屋らの報告 (1990), K ~ O は SUGIMOTO et al. の報告 (2006, 2010 b) による.

した結果, ‘ゲデンシラズ 1 号’, ‘PI103091’ (*RpsId*) が強い抵抗性を示した. この 2 品種は県内全 10 レースに対しても強い抵抗性を示した. ‘PI103091’ に関しては米国でも多くのレースに対して抵抗性を示すことが報告されている. 北海道で抵抗性が「強」と考えられている‘ワセシロゲ’は主要レースには罹病性であったが, 県内 8 レースに対して抵抗性を示した. このことから, 兵庫県では ‘PI103091’ (*RpsId*), ‘ゲデンシラズ 1 号’, ‘ワセシロゲ’が有望な抵抗性母本と考えられた (表-4).

長野県では茎疫病 2 菌株に対するダイズ 43 品種の抵抗性が調査され, ‘タチナガハ’, ‘ナカセンナリ’, ‘ミヤギシロメ’, ‘オオツル’を含む 8 種類のダイズが抵抗性を示した (小林ら, 1990) (表-4). 福井県では 2006 年に県内 7 地点から採集した 11 種類の菌株が国内レース C, D, I に合致し, 4 種類が新レースと考えられたものの, 抵抗性母本については検討されていない.

森脇 (2010) は 14 道県 (北海道, 岩手, 宮城, 山形, 福島, 茨城, 栃木, 長野, 静岡, 新潟, 富山, 福井, 兵庫, 鳥取) から茎疫病菌 109 菌株を収集し, 抵抗性遺伝子の有効性について検定を行った. その結果, *RpsId*, *RpsIk*, *Rps8*, *Rps1a*, *Rps1c*, *Rps7*, *Rps3b*, *Rps1b* は 47 ~ 81% の茎疫病菌に対して抵抗性を示した. その中で *RpsId*, *RpsIk* はそれぞれ 81, 80% の菌株に対して抵抗性を示した. この結果は兵庫県や米国での結果とほぼ一致した. 以上から, 国内の主要なダイズ栽培地域では *RpsId*, *RpsIk* 遺伝子の利用が有効と考えられる (表-4).

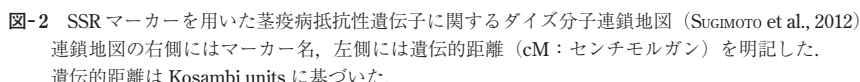
II DNA マーカーによる真性抵抗性品種の育成

真性抵抗性品種の育成については, 1992 年ころから抵抗性遺伝子に連鎖した DNA マーカーが開発され, これを用いた選抜と育成が主流となっている. 近年では

表-4 各地域で有効な茎疫病菌真性抵抗性を保有するダイズ品種

地域	ダイズ品種 (抵抗性遺伝子)	備考
米国	L77-1794 (<i>RpsIk</i>)	SCHMITTHENNER (1999)
北海道	はや銀, KLS733-1	土屋ら (1990)
兵庫	ゲデンシラズ 1 号, PI103091 (<i>RpsId</i>), ワセシロゲ	SUGIMOTO et al. (2006)
長野	タチナガハ, ナカセンナリ, ミヤギシロメ, オオツル	小林ら (1990)
北海道, 岩手, 宮城, 山形, 福島, 茨城, 栃木, 長野, 静岡, 新潟, 富山, 福井, 兵庫, 鳥取	PI103091 (<i>RpsId</i>), L77-1794 (<i>RpsIk</i>)	森脇 (2010)

SSR (Simple Sequence Repeat の略で, 別名マイクロサテライトという) マーカーを利用した詳細なダイズ分子連鎖地図の解明が進むことによって, 抵抗性遺伝子に連鎖したマーカーが探索されている. この情報を基にして抵抗性遺伝子 *Rps1*, *Rps2*, *Rps3*, *Rps4*, *Rps5*, *Rps6*, *Rps7* および *Rps8* はそれぞれダイズ分子連鎖群 N, J, F, G, G, G, N および F 上に座乗していることが報告されている (GORDON et al., 2006; 表-1; 図-2). そのなかでも *RpsIk* (*Rps1* の対立遺伝子) については前述の通り米国で有効な抵抗性遺伝子であることから多くの知見が得られている. BHATTACHARYYA et al. (2005) は *RpsIk* に関する高精度な連鎖地図と DNA マーカーを作成し, 同遺伝子を単離した. 2008 年にはダイズゲノム配列情報 (<http://www.phytozome.net/soybean>) が WEB 公開



筆者は2005年から真性抵抗性に関するDNAマーカー育種を開始した。しかし、抵抗性母本‘PI103091’、‘ゲデンシラズ1号’、‘ワセシロゲ’の抵抗性遺伝子の遺伝様式ならびにDNAマーカーについては知見がなかったため、新たに解析する必要があった。‘PI103091’に存在する*RpsId*に連鎖したDNAマーカーについては‘PI103091’/‘丹波黒’の交雑集団(F3世代の123系統)を作成し、県主要レースE、Aに対する抵抗性検定を実施し、遺伝子のマッピングを行った。その結果、*RpsId*は連鎖群N上のSSRマーカーSat_186とSatt152の間に座乗し、遺伝子との距離はそれぞれ5.7 cM、11.5 cMと推定された(SUGIMOTO et al., 2008 a)。「ワセシロゲ」の抵抗性遺伝子については「ワセシロゲ」/「丹波黒」の交雑集

抵抗性系統の発病抑制効果を明らかにするため、現地実証試験を実施した結果、茎疫病多発生条件下において10レース抵抗性系統は発病がなく、高度な抵抗性を示すことがわかり、マーカー選抜による抵抗性品種育成の有効性が示された。現在は各系統の中から栽培特性が良好な個体・系統を選抜しており、有望系統については品

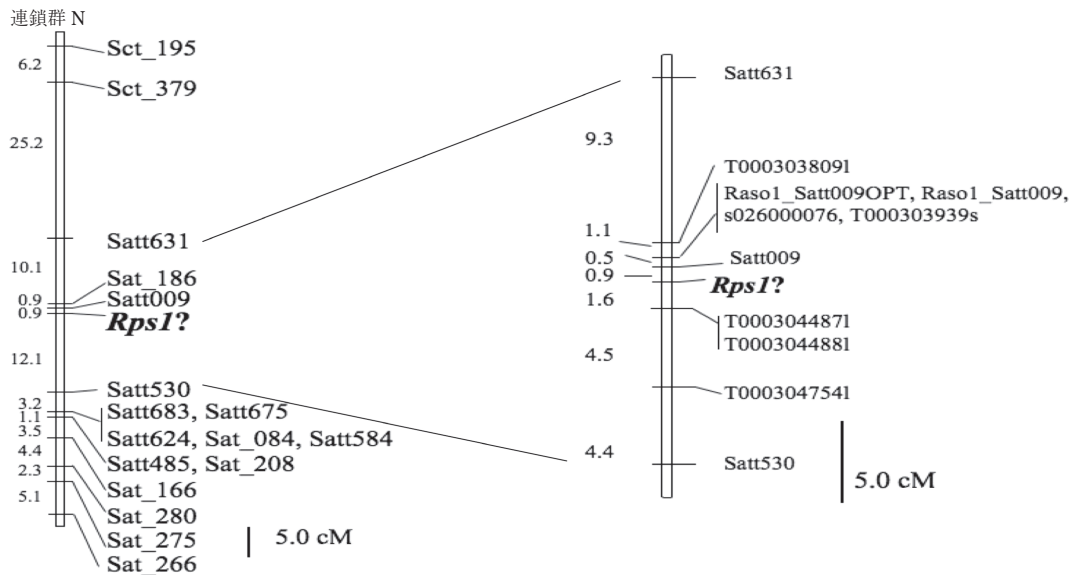


図-3 ワセシロゲ/丹波黒交雑集団 (F794 系統) を用いた茎疫病抵抗性遺伝子のマッピング
連鎖地図の右側にはマーカー名、左側には遺伝的距離 (cM: センチモルガン) を明記した。
遺伝的距離は Kosambi units に基づいた。
抵抗性遺伝子 *Rps1?* を挟み込む矢印のマーカーを用いた選抜が有効である。

種登録を検討している。

III 茎疫病圃場抵抗性の解析

近年では真性抵抗性とは別の作用機構で抵抗性を発揮する「圃場抵抗性」の研究が進展している。圃場抵抗性はレースに無関係で病害抵抗性が発現し、茎疫病菌には感染するが深刻な発病には致らず、収量についても大きな影響が出ないとされる。圃場抵抗性を保有する品種として米国品種の‘Conrad’が報告されている。その結果、‘Conrad’の圃場抵抗性は多数の微動遺伝子が関与する量的形質であり、これまでに2～3種類のQTL (Quantitative Trait Locus, 量的形質遺伝子座) が報告されている (Han et al., 2008)。

国内では北海道において1999年ころから生育中後期における圃場抵抗性品種の選抜が実施されている。試験圃場は重粘性で排水性が極めて悪い水田を使い、7月20日前後から40日間、多湿処理の期間を設けることで茎疫病を安定的に発生させることができている。この方法を用いて北海道10レースに感受性のダイズ16品種の圃場抵抗性が3か年にわたり評価された。その結果、‘中生光黒’、‘中系173号’、‘コマムスメ’では発病株率が45～85%と高くなったが、‘Wabash’、‘Tim144’、‘幌加内在来’、‘北見白’、‘ユウヒメ’、‘承豆1号’では発病が極めて低く、感染しても枯死する個体はほとんど認められ

なかったため、圃場抵抗性を有すると考えられた (山下, 2008)。現在、北海道ではこれらの遺伝資源を用いた圃場抵抗性品種の育成が検討されている。

兵庫県でも2008年から圃場抵抗性の研究に取り組んでいる。安定して茎疫病が発生する圃場を選定し、発病を助長するため2～3日間の湛水処理を実施している。これまで茎疫病が中～多発生する圃場において各種ダイズを栽培し、圃場抵抗性を評価してきた。その結果、米国で報告された‘Conrad’よりも抵抗性が強いダイズ‘フクユタカ’を選抜した。一方、圃場試験は降雨、気温や菌密度等の自然環境に制約されるため、兵庫県では一年を通して試験が可能な室内検定手法の開発も行った。この手法により得られた結果を圃場試験の結果と比較したところ、同じ傾向が認められ、室内検定法の有効性が証明できた。現在は‘フクユタカ’に存在する圃場抵抗性遺伝子に関する研究をすすめるため、平成23年度より委託プロジェクト研究「気候変動に適応した大豆品種・系統の開発」に参画し、圃場抵抗性に関するマーカー開発を行うとともに、‘エンレイ’、‘サチユタカ’、‘タチナガハ’、‘丹波黒’に圃場抵抗性を戻し交配を用いて導入し、新品種の育成を実施している。これらの系統が品種化されるまでにはまだまだ年月を要すが、将来的な対策として早期に取り組んでおく必要がある。

IV カルシウム資材利用による茎疫病発病低減効果

「カルシウム」と病害防除との関連については既にいくつかの病害で報じられている (BIGGS et al., 1997)。筆者は茎疫病について「カルシウム資材」の処理により発病が軽減されることを初めて見だし、研究を行ってきた (SUGIMOTO et al., 2007)。本章では、カルシウム資材を用いた茎疫病の発生率に関する圃場試験の結果と発病低減効果のメカニズムについて簡単に紹介する。圃場試験には室内試験で茎疫病の発病低減効果が高かったギ酸カルシウム ($\text{Ca}(\text{COOH})_2$) 資材 (商品名: スイカル, 見栄化学工業株式会社, カルシウム含有率 30%) を用いた (SUGIMOTO et al., 2008 b)。試験区は無処理区 (蒸留水), ギ酸カルシウム 4 mM 区 (1,875 倍希釈液), 10 mM 区 (750 倍希釈液) の 3 区とした。黒大豆「丹波黒」をプラスチックトレイに播種して発芽確認後, 各区セルトレイの下にビニールシートを敷き, 処理溶液がこぼれないようにしたうえで, 各区 1 l の溶液をセル苗に灌注処理し, 約 10 日間, 十分に浸した。溶液処理後, これらを兵庫県内の現地圃場に定植した。定植 2 週間後にダイズ 1 本当たり 1 l のギ酸カルシウム溶液を再度灌注し, 最終処理とした。調査は定植直後から 10 月下旬まで行い, 発病株率を算出した。その結果, 茎疫病は無処理区の丹波黒において 35.9% と多発生であったが, 4 mM のギ酸カルシウム処理区では 10.5%, 10 mM 処理区では 5.3% となり, 発病が低下した (SUGIMOTO et al., 2010 a; 図-4)。カルシウム処理がダイズ品質と収量へ

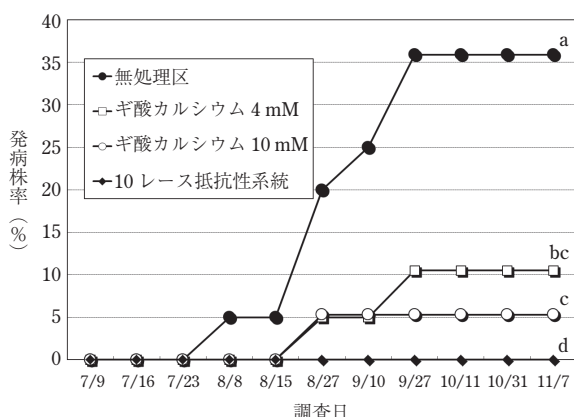


図-4 カルシウム資材を用いた現地試験

各品種, 系統ともに 60 株 (20 株, 3 反復) 用い, 播種は 6 月 14 日, 定植は 6 月 26 日に実施した。耕種概要, 施肥, 防除は現地の黒大豆栽培層に準じ, 茎疫病に対する防除は一切実施しなかった。異符号間には有意差 ($p < 0.05$) があることを示す。

及ぼす影響について調べた結果, 無処理区に比べてクズ豆がわずかに減少し, 莢数, 収量はわずかに増加した (SUGIMOTO et al., 2010 a)。

次いで茎疫病の発病低減効果のメカニズムについて検討した。ギ酸カルシウム溶液 0 mM (無処理区), 10 mM (処理区) を含む寒天培地 (寒天 0.7%, ショ糖 1.0%) にダイズを無菌播種し, 初生葉展開直後に茎疫病菌をダイズ地際部の茎表皮に接種した。接種 7 日後, 菌接種部位をカッターで切断し, 走査型電子顕微鏡 (SEM) にクールステージとエネルギー分散型 X 線解析装置 (EDX) を装備した Natural SEM (日立製 US-1500) を用いて菌接種部位の横断面の観察と元素マッピングを行った。その結果, 無処理区のダイズの表皮, 皮層, 髓に菌糸の侵入が見られたが (図-5 a の矢印), ギ酸カルシウム 10 mM 処理区ではダイズ皮層への菌糸侵入が阻止された (図-5 b)。元素マッピングの結果, ギ酸カルシウム処理区のダイズ茎の導管, 形成層周辺には多数のカルシウム結晶の蓄積が見られた (図-5 d)。一方, 無処理区のダイズ茎にはカルシウム結晶は見られなかった (図-5 c)。元素分析の結果, この結晶はカルシウムのほか, 炭素, 酸素で構成されることが判明した (SUGIMOTO et al., 2010 a)。以上のことから, カルシウム処理による茎疫病の発病抑制機構について次のように考えられた。まずカルシウム資材の施用によって, これまでの研究結果から植物細胞壁または植物体中のカルシウムイオン濃度が上昇する (SUGIMOTO et al., 2008 b)。これにより, 高濃度 (10 mM) のカルシウム処理条件下においては菌糸に対する直接的な阻害が起こると考えられた。他病害における研究 (CORDEN, 1965) から菌が植物体に侵入する際に産生する細胞壁分解酵素 (ポリガラクトチュロナーゼ) はカルシウムイオンによって強力に阻害される可能性がある。一方, 植物体への影響に関しては低濃度 (0.4 mM) のカルシウム処理によっても植物体中のカルシウムイオン濃度が大幅に上昇し (SUGIMOTO et al., 2008 b), ペクチンのカルシウムイオンによる架橋が密になることで菌糸侵入が阻害されると考えられる (CONWAY et al., 1991)。このように, カルシウムイオンを介した発病抑制には菌への影響と植物体へ作用が考えられた。今後はより詳細な発病低減効果のメカニズムを探るため, カルシウム資材の処理によってどのような病害抵抗性関連遺伝子が発現するかを解析する必要がある。

V 今後の検討課題

これまで述べてきた通り, 茎疫病抵抗性を付与するためには有望な抵抗性育種母本の選定が不可欠である。米

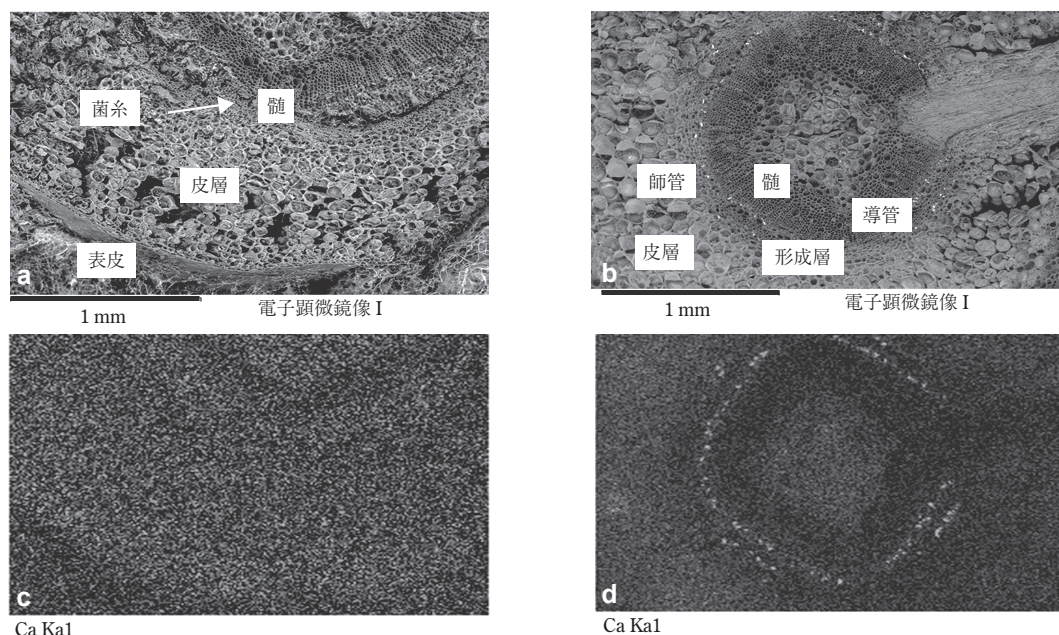


図-5 茎疫病感染時のダイズ茎断面の電子顕微鏡画像と元素マッピング

- a 無処理区のダイズ茎断面（表皮部分に菌を接種し、白矢印の部位まで菌糸の侵入が認められる）。
 b カルシウム処理区のダイズ茎断面。 c 無処理区のダイズ茎における元素マッピング。
 d カルシウム処理区のダイズ茎における元素マッピング（導管、形成層周辺にカルシウム結晶が局在）。

国では既に様々なダイズ品種・系統の茎疫病抵抗性について詳細に整理されつつある。今後は日本国内でも国産ダイズが有する真性抵抗性ならびに圃場抵抗性を解明することが重要である。また、既存品種だけでなく国内外の様々なダイズ遺伝資源を収集し、真性抵抗性や圃場抵抗性を持った育種母本を探索することも重要と考えられる。

おわりに

国内の茎疫病研究は飛躍的に進展している。特に真性抵抗性に関しては国内で有効な抵抗性遺伝子 *Rps1d*, *Rps1k* が同定され、高精度な DNA マーカーが開発されたため、1 年間に 2～3 回の戻し交配と選抜が行えるようになった。圃場抵抗性については再現性の高い検定手法が開発され、国内で利用可能な抵抗性母本が探索された。現在、筆者らは圃場抵抗性マーカーの開発と遺伝子単離について精力的に研究を進めており、茎疫病抵抗性研究のさらなる発展が期待できる。カルシウム資材の利用については発病低減効果だけでなく、品質・収量へのプラス効果が認められた。長期的に茎疫病抵抗性を維持するには、「高精度なマーカー選抜技術を用いた真性抵抗性と圃場抵抗性を併せ持った品種育成」と「環境に配慮した防除技術の開発」、これら二つの技術の併用が今後の重要なテーマだと考える。

引用文献

- 1) BHATTACHARYYA, M. K. et al. (2005): Theor. Appl. Genet. **111**: 75～86.
- 2) BIGGS, A. R. et al. (1997): Plant Dis. **81**: 399～403.
- 3) CONWAY, W. S. et al. (1991): ibid. **75**: 620～622.
- 4) CORDEN, M. E. (1965): Phytopathology **55**: 222～224.
- 5) GORDON, S. G. et al. (2006): Crop Sci. **46**: 168～173.
- 6) GRAU, C. R. et al. (2004): Fungal Diseases. In Soybeans: Improvement, Production and Uses. 3rd ED., (Agronomy Monogr. H. R. Boerman and J. E. Specht, eds), American Soc. Agron., Madison, WI. p. 679～763.
- 7) HAN, Y. et al. (2008): Euphytica **162**: 231～239.
- 8) 小林 勉ら (1990): 北陸作物学会報 **25**: 64～66.
- 9) 森脇丈治 (2010): 同上 **64**: 508～510.
- 10) 西 和文・高橋廣治 (1990): ダイズ立枯性病害の発生実態と診断の手引き, 農業研究センター, つくば, 32 pp.
- 11) SCHMITTENNER, A. F. (1999): Phytophthora Rot of Soybean. In: Compendium of Soybean Diseases. 4th ED. (G. L. Hartman, J. B. Sinclair and J. C. Rupe, eds), The American Phytopathological Society, St. Paul, MN. p. 39～42.
- 12) SUGIMOTO, T. et al. (2006): J. Gen. Plant Pathol. **72**: 92～97.
- 13) ——— et al. (2007): J. Phytopathol. **155**: 97～107.
- 14) ——— et al. (2008 a): Plant Breed. **127**: 154～159.
- 15) ——— et al. (2008 b): Plant Dis. **92**: 1559～1565.
- 16) ——— et al. (2010 a): ibid. **94**: 812～819.
- 17) ——— et al. (2010 b): J. Crop Res. **55**: 19～25.
- 18) ——— et al. (2011): Euphytica **182**: 133～145.
- 19) ——— et al. (2012): Breed. Sci. **61**: 511～522.
- 20) 田澤暁子ら (2002): 育種・作物学会北海道談話会会報 **43**: 83～84.
- 21) 土屋貞夫ら (1990): 日植病報 **44**: 351.
- 22) WRATHER, J. A. et al. (2006): J. Nematol. **38**: 173～180.
- 23) 山下陽子 (2008): 植物防疫 **62**: 457～460.