

連載 病虫害抵抗性付与の品種開発 シリーズ(6)

果菜類における病虫害抵抗性育種の現状と展望

農研機構 野菜茶業研究所
野菜育種・ゲノム研究領域

松永 啓 (まつなが ひろし)

はじめに

果菜類とは、食用目的に果実を利用する野菜の総称で、ナス科のトマト、ナス、ピーマン、ウリ科のキュウリ、メロン、スイカ、カボチャ、マメ科のエダマメ、インゲンマメ、エンドウマメのほか、イチゴやオクラ等が含まれる。米と畜産物を除く作物の農業産出額を見ると、1 位がトマト、2 位がイチゴ、4 位がキュウリであり（平成 24 年生産農業所得統計）、果菜類は我が国の重要な農作物であることがわかる。これら果菜類を病虫害抵抗性品種の開発という視点で見ると、最も進んでいるのはトマトで、9 種類の病虫害に抵抗性を示す品種も開発されている。また、ナス科やウリ科野菜では土壤伝染性病虫害（以下、土壤病虫害とする）防除を目的とした接ぎ木栽培が一般的で、多くの病虫害抵抗性台木用品種が開発されている。ここでは、主にトマトの病虫害抵抗性品種の開発の現状を紹介し、その後、接ぎ木栽培が一般化しているナス、ピーマン・トウガラシ、キュウリおよびメロンについても紹介したいと思う。

I ト マ ト

トマトはサラダなどとして生食される場合が多く、果実の大きさや色は様々であり、大きさでは大玉、中玉およびミニと区分され、色では赤（一般的にはピンクと呼ばれる）のほかに黄色やオレンジ色の果実もある。生食以外にジュース用や加熱調理用トマトの需要も堅調である。また、生食用トマトを栽培する場合、土壤病虫害を回避するため接ぎ木栽培が一般的に行われており、台木用品種も充実している。ここでは、トマトの病虫害抵抗性について紹介するが、主な大玉トマト品種の病虫害抵抗性については表-1、主な台木用品種の病虫害抵抗性については表-2 に示したので、参考にしていただきたい。

1 萎凋病

萎凋病は *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* という

糸状菌による土壤伝染性の病害であり、高温期に発生が多く、発病初期は下葉が黄化し、病徴が進むと上位葉も黄化し、やがて枯死する。萎凋病菌はトマト残渣とともに土壤中で数年間生存するので、防除が難しい。現在、病原性の異なるレース 1、レース 2 およびレース 3 が認められている。現在のトマト品種では、I、I2 および I3 という抵抗性遺伝子が利用されており、I はレース 1、I2 はレース 2 および I3 はレース 3 に対して抵抗性を示す。I、I2 および I3 はいずれも単一の優性遺伝子である。I を持つトマト品種は 1960 年ころから育成されはじめ、現在、日本で栽培されている台木用および穂木用品種のほとんどすべてが I を保有している。I2 を持つ品種は 1980 年ころから育成され始め、現在では、台木用品種ではほとんどの品種が I2 を保有し、穂木用品種では大玉トマトの多くの品種が I2 を保有している。一方、I3 を持つ品種の育成は 2000 年ころから始まり、現在のところ一部の台木用品種だけが I3 を保有している。今後は I3 を持つ台木用品種が増え、穂木用品種で I3 を持つ品種の育成が期待される。

2 根腐萎凋病

根腐萎凋病は *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* という糸状菌による土壤伝染性の病害であり、低温期および寡日照条件で発生が多い。発病初期は日中に萎凋し、夜間は萎凋が戻る状態となるが、やがて全体が黄化し、枯死する。日本では、以前は萎凋病レース J3 と呼ばれていたが、萎凋病とは病徴および病原菌の性質が異なることから別病害とされた。根腐萎凋病抵抗性遺伝子として、近縁種の *Solanum peruvianum* 由来で単一で優性に遺伝する *Frl* が利用されており、1970 年代半ばから抵抗性品種が育成されはじめた。現在ではほとんどすべての台木用品種が抵抗性であり、穂木用品種では大玉品種の多くの品種が抵抗性を保有しているが、中玉およびミニでは抵抗性を持つ品種は少ない。

表-1 主な大玉トマト品種の病虫害抵抗性

品種名	萎凋病		根腐 萎凋 病	半身 萎凋病 レース 1	青枯 病	ネコブ セン チュウ	葉 かび 病	斑点 病	黄化 葉巻 病	黄化 えそ 病	トバモ ウウイルス	取り扱い種苗会社
	レース 1	レース 2										
感激 73	○	○	○	○		○	○	○			<i>Tm-2</i>	愛三種苗
TY ファースト	○		○						○		<i>Tm-2^a</i>	愛知県・愛三種苗
アイタキ 1 号	○	○	○				○		○		<i>Tm-2^a</i>	愛知県・タキイ種苗
アニモ TY-10	○	○	○	○		○	○	○	○		<i>Tm-2^a</i>	朝日工業・武蔵野種苗園
アニモ TY-12	○	○	○	○		○	○	○	○		<i>Tm-2^a</i>	朝日工業・武蔵野種苗園
いちふく	○	○		○		○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	カネコ種苗
SR 彩福	○	○		○		○	○	○		○	<i>Tm-2^a</i>	カネコ種苗
Cf 優福	○	○		○		○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	カネコ種苗
耐病竜福	○	○		○	△	○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	カネコ種苗
こほうび	○	○	○	○		○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	サカタのタネ
パルト	○	○		○		○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	サカタのタネ
マイロック	○	○		○	△	○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	サカタのタネ
りんか 409	○	○		○		○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	サカタのタネ
秀麗	○	○		○	△	○	○	○	○		<i>Tm-2^a</i>	サカタのタネ
麗旬	○	○	○	○		○	○	○	○		<i>Tm-2^a</i>	サカタのタネ
麗夏	○	○		○		○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	サカタのタネ
麗容	○	○		○		○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	サカタのタネ
ルネッサンス	○		○					○			<i>Tm-2^a</i>	サカタのタネ
CF ハウス桃太郎	○			○		○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
CF 桃太郎 J	○		○	○		○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
CF 桃太郎はるか	○		○	○	△	○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
CF 桃太郎ファイト	○	○	○	○	△	○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
CF 桃太郎 J	○		○	○		○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
CF 桃太郎ヨーク	○	○	○	○		○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
桃太郎	○			○		○		○			<i>Tm-1</i>	タキイ種苗
桃太郎 8	○	○		○	△	○		○			<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
桃太郎ギフト	○	○		○	△	○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
桃太郎グランデ	○		○	○	△	○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
桃太郎サニー	○	○		○	△	○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
桃太郎セレクト	○	○	○	○		○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
桃太郎 T93	○			○	△	○		○			<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
桃太郎ピース	○	○	○	○		○	○	○	○		<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
豊作祈願 1102	○	○					○	○	○		<i>Tm-2^a</i>	トキタ種苗
豊作祈願 1103	○	○					○	○	○		<i>Tm-2^a</i>	トキタ種苗
大安吉日 零四	○	○	○	○		○	○	○	○		<i>Tm-2^a</i>	ナント種苗
大安吉日 零五	○	○	○	○		○	○	○	○		<i>Tm-2^a</i>	ナント種苗
華美	○	○		○	△	○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	丸種
賛美	○	○		○		○	○	○			<i>Tm-2^a</i>	丸種
スーパー優美	○	○	○	○		○	△	○			<i>Tm-2^a</i>	丸種
みそら 64	○	○		○	△	○	○				<i>Tm-2</i>	みかど協和
TY みそら 86	○	○		○	△	○	○	○	○		<i>Tm-2^a</i>	みかど協和

注 各品種の抵抗性について種苗会社のカタログ、ホームページ等を参考にした。

葉かび病については *Cf-9* と同等の抵抗性があれば「○」とし、*Cf-4* と同等であれば「△」とした。

黄化葉巻病、根腐萎凋病、斑点病、半身萎凋病レース 1 およびネコブセンチュウは、抵抗性がある場合「○」とした。

青枯病は、中程度抵抗性がある場合は「△」とした。

トバモウイルスは、保有している抵抗性遺伝子を記した。

表-2 主なトマトの台木用品種の病虫害抵抗性

品種名	萎凋病			根腐 萎凋病	半身 萎凋病 レース 1	褐色 根腐病	青枯病	かい よう病	ネコブセ ンチュウ	トバモ ウウイルス	取り扱い 種苗会社
	レース 1	レース 2	レース 3								
がんばる根	○			○			◎		○	<i>Tm-2^a</i>	愛三種苗
がんばる根 3 号	○	○		○	○	△	○		○	<i>Tm-2^a</i>	愛三種苗
がんばる根 11 号	○	○		○	○	△	○		○	<i>Tm-2^a</i>	愛三種苗
がんばる根ベクト	○	○		○	○		◎		○	<i>Tm-2^a</i>	愛三種苗
がんばる根トリパー	○	○	○	○	○	○	◎		○	<i>Tm-2^a</i>	愛三種苗
がんばる根クリフ	○	○	○	○	○	◎	○		○	<i>Tm-2^a</i>	愛三種苗
スパイク	○	○		○	○	◎	○		○	<i>Tm-2^a</i>	愛三種苗
スパイク 23	○	○		○	○	◎	○		○	<i>Tm-2^a</i>	愛三種苗
いいしごと	○	○		○	○		○	○	○	<i>Tm-2^a</i>	朝日工業
台本命	○	○		○	○		◎		○	<i>Tm-2^a</i>	朝日工業
助人	○	○		○	○	○	○		○	<i>Tm-2^a</i>	カネコ種苗
強健	○	○	○	○	○		○		○	<i>Tm-2^a</i>	カネコ種苗
フレンドシップ	○	○		○	○	◎	◎		○	<i>Tm-2^a</i>	サカタのタネ
レシーブ	○	○		○	○		◎		○	<i>Tm-2^a</i>	サカタのタネ
ブロック	○	○	○	○	○	○	○		○	<i>Tm-2^a</i>	サカタのタネ
マグネット	○	○		○	○	○	○		○	<i>Tm-2^a</i>	サカタのタネ
サポート	○	○		○	○		○		○	<i>Tm-2^a</i>	サカタのタネ
ジョイント	○			○	○	○	○		○	<i>Tm-2^a</i>	サカタのタネ
グリーンガード	○	○	○	○	○	◎	◎		○	<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
グリーンセーブ	○	○	○	○	○	◎	◎		○	<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
ボランチ	○	○		○	○	△	◎		○	<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
B バリア	○	○		○	○		◎		○	<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
ドクター K	○	○		○	○	◎			○	<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
ベスパ	○	○		○	○		○		○	<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗
キャディ 1 号	○	○		○		○	○		○	<i>Tm-2^a</i>	タキイ種苗

注 各品種の抵抗性について種苗会社のカタログ、ホームページ等を参考にした。

萎凋病レース 1, 2 および 3, 根腐萎凋病, 半身萎凋病レース 1 およびネコブセンチュウは, 抵抗性を示す品種を「○」とした。

青枯病および褐色根腐病は, 各種苗会社のカタログ、ホームページを参考に筆者が判断し, 中程度抵抗性を「△」、強度抵抗性を「○」、極強度抵抗性を「◎」とした。

3 半身萎凋病

半身萎凋病は *Verticillium dahliae* という糸状菌による土壌伝染性の病害であり, 高温期に発生が多い。発病初期は下位葉の小葉が部分的にしおれ, その後ゆっくりと病徴が上位葉に拡大し, 被害葉が枯死するとともに果実の着果や肥大が抑制される。世界的にはレース 1 およびレース 2 の発生が報告されている。日本でも以前からレース 1 の発生が確認されており, 最近ではレース 2 による被害も増えている。抵抗性遺伝子として, レース 1 に抵抗性を示し, 単一で優性に遺伝する *Ve* が利用されており, 1970 年代前半に台木用抵抗性品種が育成され, 1970 年代後半には穂木用抵抗性品種も育成された。現在では, ほとんどの台木用品種と穂木用品種のうち多くの大玉品種がレース 1 に対して抵抗性であり, 中玉およびミニでも抵抗性品種が増えている。また, 2000 年代半ばになってレース 2 に抵抗性を示す台木用品種で育成

され, 今後, レース 2 に対する抵抗性品種の増加が期待される。

4 褐色根腐病

褐色根腐病は *Pyrenochaeta lycopersici* という糸状菌による土壌伝染性の病害であり, 低温期に発生が多い。発病初期は日中に萎凋し, 夜間は萎凋が戻る状態となるが, やがて下位葉から黄化し, 枯死に至る。地上部の病徴は根腐萎凋病に酷似しているが, 本病では根の表面がコルク化する場合がある。近縁種の *S. habrochaites* に強い抵抗性を持つ系統が見いだされ, 1970 年代前半に, この系統の抵抗性を利用した台木用品種が育成された。その後, 褐色根腐病に抵抗性を示す台木用品種が多数育成されているが, 現在のところ, 抵抗性を示す穂木用品種は育成されていない。また, 台木用品種では強い抵抗性を示す品種もあるが, 完全な抵抗性を示す品種はなく, 品種によって抵抗性強度が異なるため, 注意が必要

表-3 葉かび病抵抗性遺伝子と国内で発生しているレースに対する抵抗性 (Ima ら, 2010 を改変)

抵抗性遺伝子	国内発生レース								
	0	2	4	2.4	2.9	4.9	4.11	2.4.11	4.9.11
なし	×	×	×	×	×	×	×	×	×
<i>Cf2</i>	○	×	○	×	×	○	○	×	○
<i>Cf4</i>	○	○	×	×	○	×	×	×	×
<i>Cf5</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Cf6</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Cf9</i>	○	○	○	○	×	×	○	○	×
<i>Cf4</i> および <i>Cf11</i>	○	○	○	○	○	○	×	×	×

注 ×：罹病性, ○：抵抗性

である。

5 葉かび病

葉かび病は *Fulvia fulva* という糸状菌による地上部病害であり、高温多湿条件で発生が多い。発病初期は葉の表面に淡黄色の小斑点を生じ、その後、葉の裏面にカビを生じ、さらに病徴が進むと、葉の表面にもカビを生じる。多発すると葉が枯れ、収量が激減する。これまでに多くの抵抗性遺伝子が発表されており、これらの抵抗性遺伝子と国内で発生している葉かび病菌レースに対する抵抗性を表-3 に示した。1960 年代前半に、抵抗性遺伝子は不明であるが抵抗性品種が育成され、1990 年代前半には *Cf-4* を持つ抵抗性品種、1990 年代後半には *Cf-9* を持つ抵抗性品種が育成された。*Cf-9* は *Cf-4* より抵抗性を示す菌レースの種類が多く、現在では *Cf-9* を持つ抵抗性品種が主流である。しかし、最近では *Cf-9* を侵す菌レース（レース 2.9, 4.9 および 4.9.11 など）が増えつつあるので (ENYA ら, 2009 および Ima ら, 2010), 栽培地で発生している菌レースを確認して品種を選ぶことが重要である。

6 斑点病

斑点病は *Stemphylium lycopersici* という糸状菌による地上部病害であり、高温多湿条件で発生が多い。発病初期は下位葉の表面に褐色の小斑点を生じ、その後、斑点の周辺が黄化し、病徴が激しい場合は、葉に多数の斑点を生じ、斑点も大型化する。抵抗性遺伝子として単一の優性遺伝子である *Sm* が利用され、*Sm* の抵抗性はかなり安定していると考えられている。また、*Sm* は萎凋病レース 1 抵抗性遺伝子 *I* と密に連鎖しているため、萎凋病レース 1 抵抗性品種を育成したときに、派生的に付与されたと考えられる。そのため、ほとんどの品種は本病に対して抵抗性を有すると考えられるが、中玉やミニトマト等では本病に対する抵抗性を確認していない品種もある。

7 青枯病

青枯病は *Ralstonia solanacearum* という細菌による土壌伝染性の病害であり、高温期に発生が多く、トマトで最も被害の大きい病害である。発病初期は新葉がしおれ、しばらくの間は曇天や雨天の日にしおれが回復することもあるが、その後急激に全体が萎凋して枯死する。青枯病は、病原細菌が植物残渣などに寄生しながら土壌中に数年以上生存することから、一度発生すると防除が極めて難しい。本病害に対する抵抗性は複数の不完全優性遺伝子が関与しているとされている。また、いくつかの抵抗性素材が見いだされているが、強い抵抗性を示す素材はいずれも果実が小さい。このため、台木用では比較的強い抵抗性品種が育成されているが、穂木用の大玉品種では中程度抵抗性の品種しかない。1970 年代後半に抵抗性台木用品種が育成され、近年育成された台木用品種はほとんどが抵抗性を持っているが、品種によって抵抗性強度が異なる。

8 黄化葉巻病

黄化葉巻病は Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) というウイルスによる病害で、タバココナジラミ（パイオタイプ B および Q）という微小な昆虫によって伝搬される。一般的に、低温時には病徴がわかりにくいだが、高温期には病徴が激しくなる傾向にある。我が国では TYLCV-イスラエル系統およびマイルド系統が発生しており、発病初期は上位葉の葉縁が黄化し、その後、葉巻症状を呈する。激しく発病した場合には葉が奇形となり、生育が著しく抑制される。抵抗性遺伝子として *Ty-1*, *Ty-2*, *Ty-3* および *Ty-3a* が知られており、*Ty-1* と *Ty-3* または *Ty-3a* は密に連鎖している。現在我が国で利用されている抵抗性品種の遺伝子型には、*Ty-1* + *Ty-3*, *Ty-1* + *Ty-3a*, *Ty-2*, *Ty-3* および *Ty-3a* の 5 種類があり、*Ty-1* + *Ty-3*, *Ty-1* + *Ty-3a*, *Ty-3* および *Ty-3a* はイスラエル系統およびマイルド系統の双方に抵抗性を示すが、高温時には発病することがあ

る。一方、*Ty-2* はイスラエル系統に対しては高温時でもほぼ完全な抵抗性を示すが、マイルド系統に対しては全く抵抗性を示さない。また、どの抵抗性もウイルスの増殖を完全に抑制させることはないで、TYLCV に感染した株は、病徴が出ていなくてもウイルス伝染源になる可能性がある。我が国では、2000 年代半ばから黄化葉巻病抵抗性を持つ穂木用品種が海外から導入されたが、食味などが日本の消費者の嗜好に合わなかった。その後、抵抗性品種の食味は少しずつ改善され、現在では一般的な品種と同等の食味を持つ抵抗性品種が育成されている。今後は、食味がさらに改善された抵抗性品種の育成が期待される。

9 モザイク病 (ToMV・TMV)

モザイク病 (ToMV・TMV) (以下、トバモウイルスとする) は、トバモウイルスによるモザイク病で、主に接触伝染により感染するが、種子伝染や土壌伝染する場合もある。主な病原ウイルスは Tobacco mosaic virus (TMV) および Tomato mosaic virus (ToMV) であり、葉にモザイク症状を生じるのが特徴であるが、病徴が激しい場合は葉が萎縮したり、奇形になったり、生長点付近がえそする場合もある。トマトのトバモウイルスには主に 0, 1, 2 および 1.2 の 4 種類のストレインがあり、トバモウイルスに対する抵抗性遺伝子には、いずれも単一で優性に遺伝する *Tm-1*, *Tm-2* および *Tm-2^a* の 3 種類がある。*Tm-1* はストレイン 0 および 2 に中程度の抵抗性、*Tm-2* はストレイン 0 および 1 に強度抵抗性、および *Tm-2^a* はストレイン 0, 1, 2 および 1.2 に強度抵抗性を示す (表-4)。トマトを接ぎ木栽培する場合、穂木と台木のトバモウイルス抗性遺伝子が異なると、トバモウイルスに感染したときに植物体が急激に萎凋して枯死する場合があるため、穂木用品種と台木用品種のトバモウイルス抵抗性遺伝子を同じにすることが薦められている。例えば、穂木用品種として *Tm-2^a* を保有する品種を使用する場合、台木用品種も *Tm-2^a* を保有してい

る品種を選ぶようする。我が国では、1960 年代に *Tm-1* を持つ品種が、1970 年代に *Tm-2* または *Tm-2^a* を持つ品種が育成され、近年育成された品種は、穂木用および台木用ともにほとんどが *Tm-2* または *Tm-2^a* を有している。

10 ネコブセンチュウ

トマトに被害を及ぼすネコブセンチュウは数種類生息している。ネコブセンチュウは根に寄生し、寄生すると根がコブ状となり、葉が黄化して生育が抑制される。また、ネコブセンチュウによる被害は青枯病の発生を助長させるといわれている。ネコブセンチュウ抵抗性遺伝子として単一で優性に遺伝する *Mi* が利用されている。*Mi* を持つ品種は、サツマイモネコブセンチュウ、ジャワネコブセンチュウおよびアレナリアネコブセンチュウに対しては抵抗性を示すが、キタネコブセンチュウに対しては抵抗性を示さない。我が国では、1960 年代後半からネコブセンチュウ抵抗性品種が育成され、現在利用されているほとんどの大玉および台木用品種はネコブセンチュウ抵抗性を保有しており、中玉およびミニトマトにもネコブセンチュウ抵抗性品種は多い。なお、国内では *Mi* による抵抗性を打破するサツマイモネコブセンチュウが発生している地域もあるので注意を要する。

11 その他の病害

これまでに述べた以外で抵抗性品種が育成された病虫害として、かいよう病および黄化えそ病がある。かいよう病は *Clavibacter michiganensis* という細菌による土壌伝染性の病害であり、高温多湿条件で発生が多い。トマト近縁種の *S. habrochaites* が抵抗性を有しており、近年、抵抗性台木用品種が育成された。また、黄化えそ病はトマト黄化えそウイルス (Tomato spotted wilt virus) というウイルスによる病害であり、ミカンキイロアザミウマ、ネギアザミウマ等のアザミウマによって媒介される。抵抗性遺伝子として、トマト近縁種 *S. peruvianum* 由来の *Sw-5*, *S. chilense* 由来の抵抗性遺伝子 *Sw-7* が報告されている。近年、黄化えそ病に抵抗性を示す大玉およびミニ品種が育成された。

12 現在の動向と今後の展望

穂木用では、葉かび病抵抗性については大玉品種の主な抵抗性遺伝子が *Cf-4* から *Cf-9* にほぼ変わり、現在、中玉トマトやミニトマトへの *Cf-9* 付与が進み、黄化葉巻病抵抗性については *Ty-3* または *Ty-3a* を持ち、日本の消費者の嗜好に合った品種の育成が進んでいる。台木用では、青枯病および褐色根腐病に、強い抵抗性を持った品種の育成が進められている。一方、モザイク病 (CMV)、軟腐病、灰色かび病等のように、発生すると

表-4 トマトのモザイク病 (ToMV) 抵抗性遺伝子型と ToMV ストレインとの関係

ToMV ストレイン	抵抗性遺伝子型			
	なし	<i>Tm-1</i>	<i>Tm-2</i>	<i>Tm-2^a</i>
0	S	IR	HR	HR
1	S	S	HR	HR
2	S	IR	S	HR
1, 2	S	S	S	HR

注 S:罹病性, IR:中程度の抵抗性, HR:強度抵抗性.

大きな被害をもたらすが、実用的な抵抗性素材が見つかっていない病害や、半身萎凋病やネコブセンチュウのように、既存の抵抗性を侵す新たなレースが発生している病虫害があり、今後も引き続き、新たな抵抗性素材の探索および抵抗性系統の開発が必要である。

Ⅱ ナ ス

ナスは、我が国では古くから栽培されている重要な野菜である。また、スイカとともに古くから接ぎ木栽培が行われている。ナスの場合、1930年代に接ぎ木の研究が、1940年代には接ぎ木栽培が始まっている。現在では、ナスの施設栽培ではほぼ10割、露地栽培でも7割以上の面積で接ぎ木栽培されている（野菜茶業研究所、2011）。接ぎ木栽培の主な目的は、青枯病などの土壌病虫害の回避で、台木用品種には土壌病虫害抵抗性品種も多い。一方、穂木用品種では果実の色、つや、形、大きさ、揃い、収量等に重点を置いた育種が進められており、積極的に病虫害抵抗性が付与された品種はない。

表-5にナスの主な台木用品種の病虫害抵抗性を示した。半枯病、半身萎凋病、青枯病およびネコブセンチュウに抵抗性を有する品種が育成されている。半枯病抵抗性については、単一の優性遺伝子を有する‘なす中間母本農1号’や台木用品種‘台太郎’等が育成されている。また、*Solanum integrifolium* や *S. torvum* 等のナス近縁種には抵抗性を有する系統が比較的多く、これらを利用した台木用品種が育成されている。半身萎凋病抵抗性も

S. melongena にはほとんど認められていないが *S. torvum* などのナス近縁種に認められ、これらの系統を利用した台木用品種が育成されている。青枯病はトマトと同様に *R. solanacearum* という細菌による土壌伝染性の病害であり、高温期に発生が多く、ナスでも最も被害の大きい病害である。青枯病についても抵抗性の穂木用品種はなく、抵抗性品種は台木用だけである。ナスの青枯病抵抗性はトマトと同様に複数の遺伝子が関与していると考えられており、品種によって抵抗性強度が異なる。また、ネコブセンチュウ抵抗性は、*S. melongena* には認められておらず、*S. torvum* などのナス近縁種の有する抵抗性が利用されている。

以上のように、*S. torvum* を利用した台木用品種、すなわち、‘トレロ’、‘トナシム’および‘トルバム・ビガー’は4病虫害に抵抗性を示し、土壌病虫害を回避するためには非常に有効な台木用品種であるが、これら品種は他の品種と比べて初期生育が遅く、接ぎ木をするために穂木用品種と生育を揃えるのが難しい。また、近年は、これらの *S. torvum* でも半身萎凋病や青枯病に罹病する事例が散見されるので注意を要する。

Ⅲ ピーマン・トウガラシ

ピーマンはトウガラシと同じ仲間で、カラーピーマン、パプリカ、シシトウ、甘長トウガラシも同じ仲間である。シシトウおよびトウガラシは戦前から栽培されていたが、ピーマンは比較的新しい野菜で戦後になって消

表-5 主なナス台木用品種の病虫害抵抗性

品種名	半枯病	半身萎凋病	青枯病	ネコブセンチュウ	育成機関
羽曳野育成1号			○		大阪府
トレロ	○	○	○	○	岡山県
信頼	○		○		カネコ種苗株式会社
緋脚	○	○			カネコ種苗株式会社
茄の力	○	○	△		株式会社神田育種農場
台二郎	○		○		高知県
赤虎	○		△		タキイ種苗株式会社
耐病 VF	○	○			タキイ種苗株式会社
トナシム	○	○	○	○	タキイ種苗株式会社
ミート	○	○	△		タキイ種苗株式会社
カレヘン			○		奈良県
アシスト	○		△		農研機構野菜茶業研究所
台三郎	○		○		農研機構野菜茶業研究所
台太郎	○		○		農研機構野菜茶業研究所
トルバム・ビガー	○	○	○	○	農研機構野菜茶業研究所

注 各品種の抵抗性について種苗会社のカタログ、ホームページ等を参考にした。

半枯病、半身萎凋病およびネコブセンチュウは、抵抗性あれば「○」とした。

青枯病は、各種苗会社のカタログ、ホームページを参考に筆者が判断し、中程度抵抗性を「△」、強度抵抗性を「○」とした。

費が増えた野菜である。また、近年、カラーピーマン、パプリカおよび甘長トウガラシの消費も増えている。

1 穂木用品種の病害抵抗性

日本で育成されたピーマン穂木用品種は、青枯病に比較的強いものが多かった。これは、日本で栽培されていたトウガラシおよびシシトウには青枯病に強い品種があり、ピーマン品種を育成するときに、これら品種の抵抗性が気づかぬうちに利用されていたためと考えられる。また、日本で育成された穂木用品種はモザイク病(ToMV・TMV・PMMoV) (以下、トバモウイルスとする)に抵抗性を持つ品種も多かった。これは、欧米から導入されたピーマン品種がトバモウイルス抵抗性遺伝子 L^1 を持っており、ピーマン品種を育成するときに、これら品種の抵抗性が知らず知らずのうちに利用されていたためと考えられる。そして、1980年代に疫病抵抗性で L^1 を持つ‘ベルホマレ’、1990年代に疫病および青枯病に抵抗性で、トバモウイルス抵抗性遺伝子 L^3 を持つ‘ベルマサリ’が育成された。‘ベルホマレ’および‘ベルマサリ’は生食用品種であるが、土壌病害を軽減するため台木として利用されることも多い。

2 台木用品種の病害抵抗性

台木として利用されている‘ベルホマレ’や‘ベルマサリ’の抵抗性を侵す疫病や青枯病の発生が多くなったことから、より強い疫病および青枯病抵抗性を持つ台木用品種が育成された。2000年代に強度青枯病抵抗性台木用品種‘台助’が育成され、2010年代には青枯病と疫病に強度抵抗性を示す‘台パワー’、‘バギー’などが育成された。これらの品種は、トバモウイルス抵抗性遺伝子として L^3 を持っているが、ピーマン・トウガラシもトマ

トと同様に接ぎ木をする場合は、穂木用品種と台木用品種のトバモウイルス抵抗性遺伝子を同じにすることが薦められている。我が国の主要なピーマン品種は、トバモウイルス抵抗性遺伝子として L^1 を持つ品種から L^3 を持つ品種に移行しているため、これらの穂木用品種には‘台パワー’など L^3 を持つ台木用品種が適応できる。しかし、パプリカの主要品種は L^4 を持ち、ほとんどの甘長トウガラシ品種はトバモウイルス抵抗性を持っていない。そのため、2014年に青枯病と疫病に強度抵抗性を持ち、 L^4 遺伝子を持つ‘L4台パワー’、青枯病と疫病に強度抵抗性を持ち、トバモウイルス抵抗性を持たない‘台ちから’が育成された。なお、2000年以降に育成された台木用品種は、ネコブセンチュウ抵抗性を持っているものが多い。また、これら台木用品種の病虫害抵抗性は表-6に示した。

IV キ ュ ウ リ

キュウリは農業産出額が高く人気の高い野菜で、生食のほかに漬け物などとして食される。キュウリも接ぎ木栽培の割合が高く、露地栽培で約9割、施設ではほぼ10割が接ぎ木栽培である(野菜茶業研究所, 2011)。そのため、台木用品種も多数育成されているが、接ぎ木栽培の目的が土壌伝染性病害であるつる割れ病の回避とともに低温伸張性の向上や果実表面に白い粉がつかないブルームレス果実の生産であることが多い。近年、キュウリ産地ではネコブセンチュウやホモプシス根腐病の被害が問題となっているが、抵抗性素材の報告はなく、新たな抵抗性素材を見いだす必要がある。

キュウリでは、以前から、うどんこ病、べと病および

表-6 主なトウガラシ台木用品種の病虫害抵抗性

品種名	疫病	青枯病	トバモウイルス	ネコブセンチュウ	育成機関
台助		○	L^3	○	公益財団法人園芸植物育種研究所
スケッチ C	△	△	+		有限会社南国育種農場
肩車	○		L^1		サカタのタネ株式会社
バギー	○	○	L^3	○	タキイ種苗株式会社
ベルホープ	△		L^1		長野県 (農林水産省指定試験地)
ベルホマレ	△		L^1		長野県 (農林水産省指定試験地)
ベルマサリ	△	△	L^3		長野県 (農林水産省指定試験地)
ベルリカ	△		L^3		長野県 (農林水産省指定試験地)
L4 台パワー	○	○	L^4	○	農研機構野菜茶業研究所
台パワー	○	○	L^3	○	農研機構野菜茶業研究所
台ちから	○	○	+	○	農研機構野菜茶業研究所
みやざき台木 3 号	○	○	L^3	○	宮崎県

注 疫病および青枯病は強度抵抗性があれば「○」、中程度抵抗性があれば「△」とした。

トバモウイルスは抵抗性遺伝子型を記した。

ネコブセンチュウは抵抗性があれば「○」とした。

褐斑病に対する抵抗性品種は多数育成されている。しかし、抵抗性程度に品種間差が大きく、また、うどんこ病の場合、既存の抵抗性品種は20℃以下の低温下では罹病してしまうなど、抵抗性が不安定なことも多いため、より安定した抵抗性が求められている。野菜茶業研究所では野生キュウリ系統のCS-PMR1がうどんこ病およびべと病に強度抵抗性を示すことを明らかにしており、この系統は今後有望な抵抗性素材として期待されている。褐斑病については、近年、強い抵抗性を有する‘極光607’および‘ちなつ’等の品種が育成されており、今後はうどんこ病やべと病抵抗性付与した複合抵抗性品種の育成が期待される。モザイク病の一つであるズッキーニ黄斑モザイクウイルス（ZYMV）に対しては、単一で劣性に遺伝する抵抗性遺伝子の zym 遺伝子が利用され、露地栽培用の抵抗性品種が育成されている。また、黄化えそ病については中程度抵抗性を示すキュウリ安濃4号が育成されている。キュウリ安濃4号の抵抗性は中程度であるが、黄化えそ病に感染しても収量の減少を抑えることができるので、新たな抵抗性素材として期待されている。

V メ ロ ン

メロンは食味がよく人気の高い野菜である。果表面にネットの入るものが主流であるが、ネットの入らないものもあり、果肉色も緑色や黄緑色の青肉系のものやオレンジ色をした赤肉系のものなど種類が豊富である。

メロンではうどんこ病抵抗性品種が比較的多く育成されている。しかし、メロンに感染するうどんこ病菌は多くのレース分化が知られており、どの抵抗性品種がどのレースに抵抗性を示すかについてはあまり整理されていない。つる割れ病はメロンの重要な病害である。つる割れ病のレースとしてレース0, 1, 2, 1,2yおよび1,2wがあり、単一で優性に遺伝するつる割れ病抵抗性遺伝子*Fom-1*を導入することでレース0および2に対する抵抗性を持つ穂木用品種は多数育成されているが、レース1,2yに抵抗性を持つ品種は台木用しかない。また、レース1,2yに対する抵抗性は中程度であることから、レース1,2yに対する強度抵抗性を有する素材の発見や品種の育成が期待されている。えそ斑点病はメロンえそ斑

点ウイルスによる病害で、その抵抗性遺伝子として単一で劣性に遺伝する nsu 遺伝子が利用され、アールスメロン系の穂木用品種および台木用品種が育成されている。また、最近では、ワタアブラムシ抵抗性品種も育成されている。

お わ り に

本稿では、トマト、ナス、ピーマン・トウガラシ、キュウリおよびメロンの病虫害抵抗性について見てきたが、いずれの野菜とも土壌病害による被害が大きいため、接ぎ木栽培の割合が高い。この中でも、トマト、ナスおよびピーマン・トウガラシでは、複数の土壌病害抵抗性を持った抵抗性品種が多く育成されている。しかし、土壌病害の中には、青枯病のように、抵抗性台木の導管を通り抜け、穂木にたどり着くことのある病原菌もいる。そのため、穂木用品種にも土壌病害抵抗性を付与するため研究が進められている。しかし、土壌病害抵抗性は果実が小さい、着果率が悪いなどの不良形質と連鎖していることが多く、このことが土壌病害抵抗性を持った穂木用品種の育成を難しくしている。しかし、ひとたび果実が大きい、または、着果性の優れる土壌病害抵抗性品種が育成されれば、その品種を素材として、より優れた土壌病害抵抗性穂木用品種の育成が簡単になる。今後は、このような土壌病害抵抗性を付与した穂木用品種の育成も重要になるであろう。

また、本稿で述べた野菜以外に我が国で重要な果菜類としてイチゴがある。イチゴは果実形質や生態特性という点では非常に多様な品種が育成されているが、病害抵抗性の面での品種開発はあまり進んでいない。1950～60年代に、うどんこ病や萎黄病抵抗性品種が育成され、2000年ころには炭そ病に強度抵抗性を持つ品種が育成されている。しかし、複数の抵抗性を持ち果実形質や生態特性面で優れた品種はほとんどないため、今後の品種開発に期待したい。

引 用 文 献

- 1) ENYA, J. et al. (2009): Journal of General Plant Pathology. 75: 76～79.
- 2) IIDA, Y. et al. (2010): Journal of General Plant Pathology. 76: 84～86.
- 3) 野菜茶業研究所 (2011): 野菜茶業研究所研究資料第7号, 142 pp.