



本誌「植物の不思議」34回目にはジャガイモについて紹介したが、その動機はトマトのプロトプラストとジャガイモプロトプラストとの細胞融合による体細胞雑種ポマトあるいはトバトであった。そのかかわりでは、融合のパートナーであるトマトについても触れる必要があろうということで、今回はトマト (*Solanum lycopersicum*) について紹介する。

トマトとジャガイモ

まず、トマトとジャガイモの関係について述べよう。両者が異なった種と認識されたのは19世紀であるが、その判断は両者の間では交配できなかったことによる。即ち、両者は生殖手段で隔離されているといえる。それに相応して、いずれも南米原産であるが、ジャガイモ (*Solanum tuberosum*) の生育地はアンデスの高地3000mであり、世界に広まっている栽培ジャガイモは4倍体であるのに対し、トマトはチリからペルー、エクアドルにかけての海岸に沿った低地帯であり、それぞれの環境に適応して進化していくので、生殖隔離に到ったのであろうと推定できる。その上で、ポマト、トバトに戻ると、トマトと染色体数を半分にしたジャガイモの体細胞雑種は形態形成できることを意味するわけで、その事実は科学的に重要な知見である。このニュースに接して、メディアでは地上部に果実がなり、地下には塊茎を作るということに関心が寄せられたが、専門的に携わっている人々は体細胞雑種の意義については必ずしもそうではなかった。その理由は、植物は太陽エネルギーの化学エネルギーへの転換者であるので、化学エネルギーが地上と地下に分断されることになり、両者が中途半端になる。そして、研究者はむしろジャガイモの耐寒性の遺伝子群をトマトに導入して、耐寒性の高まるようなことを期待している。耐寒性のような遺伝子群は複数と考えられるで、体細胞雑種にそのような形質の伝達を期待しているのである。

トマト

トマトもジャガイモと同様にスペインのコンキスタドールにより南米からヨーロッパにもたらされたが、トマトは当初は食用というより観賞用であった。というのもその頃の青いトマトには多分に多量に摂取すれば中毒することもあるアルカロイドのソラニンが含まれていたからである。その後、イタリアで栽培化が進められ、特にパスタのソースに用いられようになってから食用として広まったが、その間に、青い果実を除いては害成分が除かれることとなった。そのため、栽培の歴史はそれほど長くはなく、せいぜい150年である。

そして、現在トマトは世界的に最も多く利用される野菜となり、その生産量は年間で2億トンに達する。日本でも最も多く生産される野菜であり、生食・ジュースは国内で生産されているが、それはそうしなければならないというルールによる。しかし、ピュレー、ケチャップは広く世界から輸入されていることはトマト生産者との接触で知ったが、その範囲は大変広く、それぞれの地方でトマトの性質は異なっている。

トマトのバイオテクノロジー

トマトについては果実の成熟に関する生理学的研究が進められた。成熟はエチレンにより制御されることが判明したので、エチレン生成の代謝系の研究とその制御システムがトマト果実の成熟過程で詳しく調べられた。その結果、エチレン生成の制御はトマトで著しく進展した。実際、代謝系の発現制御系の解明で、それらは2008年にトマトのゲノムが決定されることでその全体像が確定的となった。その概要をまとめると、エチレンはアミノシクロプロパンカルボン酸 (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, ACC) を前駆体として生成されるので、ACC合成酵素がエチレン生産の制限要因となっている。メチオニンを前駆体として、ACC生成の経路はヤン (Yang, S.F.) 博士の多年の研究により明らかにされたので、Yangサイクルと名付けられており、古典的生化学の成果である。そして、ACC合成酵素は多数存在し、



図-1 桃太郎ファイト



図-2 シシリアルルージュ



図-3 マイクロトム

それらは植物ホルモン オーキシン・サイトカイニンを含む多くの因子やストレスなどに応答して生成され、エチレンを生成し、多様な環境条件に対応している。

生成されたエチレンは細胞膜に存在するヒスチジンキナーゼ様の受容体に認識され、信号は伝達されていく。その下流には、ガン遺伝子 *Raf* 様のセリンスレオニンキナーゼがあり、さらに転写因子を介してエチレンに応答した生理現象の発現に到る。トマトの場合、エチレン生産の反復サイクルに入り、エチレン生産はより一層のエチレン生産につながるクリマクテリック (climacteric) 現象と呼ばれ、果実の成熟に到る。この現象はトマトでよく調べられ、果実の収穫後の制御にも応用されており、収穫後生理学 (post harvest physiology) とよばれている。なお、植物種によっては、クリマクテリックでない種類もあることは改めて述べる必要はないであろう。かくして、エチレン生成とその環境応答の研究は植物科学研究の中でも特に詳しく進められた。植物ホルモンの作用機構の研究は突出して深化している領域であるが、その中でもエチレン生成とそれへの応答の研究は先駆的に進められた。

これらの研究を背景に、ACC 合成酵素の抑制を図った組換え植物の作出に到り、それはフレーバセーバー (Flavr savr) と名付けられ、市場に登場した。店頭では熟することなく、エチレンに晒されて初めて成熟に到る。これら遺伝子組み換え植物として作出された果実はマーケットにも登場し、アメリカでは一時大変な話題となつたが、その後は沈静化している。しかし、組み換え作物ということで、日本で登場することはなかつた。

現在、ゲノム編集は遺伝子組み換え植物とは異なるということで、社会的に容認されるようになっていることは改めてここで指摘する必要はないであろう。ゲノム編集の場合は基本的に DNA 鎖の相同部分の相同組換え (homologous recombination) を基本としていることで、それは通常の交配による育種と原則的に変化がないからである。2020 年のノーベル化学賞の対象となったシャルパンティエ (E. Charpentier), ドウドナ (J.A. Doudna) 両博士による CRISPER/Cas9 の開発がその背景となっている。その原理の下で登場したトマトは GABA 生産が高いということで、既に日本の市場にも登場していることは耳にされているのではないかと思う。

最後に市場に出ているトマトの 3 品種を示して本稿を閉じたいが、それは生食になじみの深いマーケットでもよく見られる桃太郎ファイト (図-1) であり、最近多く見かけるようになったフルーツトマト系のシリアルルージュ (図-2) を示す。なお、マーケットで見かけることはあまりないが、研究者には馴染みの深いマイクロトム (図-3) はゲノム配列の決定材料となった品種であり、植物体は小型である。これらは東京大学大学院農学生命科学研究科田無農場准教授矢守航博士より提供いただいたので、より詳しい内容は同博士らの著書 (矢守ら 2024) を参照されたい。

文献

矢守航・矢守那海子・松島依子 2024. 美しいトマトの科学図鑑. 創元社.