

## 7.5 学位論文要旨 (別紙様式博5)

### 学位論文要旨

学位授与申請者

氏名 小西 あや子

題目: The analysis of fruit characteristics for pepper breeding.

(トウガラシ育種のための果実形質の解析)

本研究は、トウガラシ熟果のカプサンチン含量を高めるため、果実のカプサンチン含量を制御する QTL について解析し、DNA マーカー選抜の有効性を調査するとともに、熟果の利用では深刻な問題となる果実の水分損失に関係する果実形質、特にクチクラの発達について詳細に調査したものである。

#### Chapter 1: General introduction. (序論)

トウガラシは世界的にも重要な作物の一つである。日本に伝来したトウガラシは全国に広がり、現在も多くの地方品種が残っている。また、京都にもいくつかの地方品種が存在しており、通常は未熟果を利用している。これらのトウガラシ地方品種の利用拡大を図る方法の一つとして、熟果の利用が考えられる。しかし、熟果の積極的な利用には、熟果に適した品種改良が必要である。

トウガラシ赤色熟果の主要なカロテノイドであるカプサンチンは、人の健康にとって有用な成分である。カロテノイドの生合成経路並びに生合成に関わる酵素、遺伝子はすでに明らかにされているが、カロテノイドの含量を制御する遺伝子についてはほとんど報告がない。そのため、Chapter 2 では、カプサンチン含量を制御する QTL について解析し、DNA マーカーを利用した高カプサンチン含有トウガラシの育種の可能性を検討した。また Chapter 3 では、京都の地方品種である‘京都万願寺2号’のカプサンチン含量を高めた新品種を育成した。

収穫後の水分損失は、トウガラシ果実の商品価値を低下させる要因の1つである。熟果では、収穫時の果実水分率が未熟果より低いため、水分損失はより深刻な問題である。果実の水分損失に関わる形質については、いくつかの報告があるものの、未だ明確になっていない。一方、果実の表面を覆うクチクラ層は、一般的に水分損失や病害虫からの防御の役割を持つとされている。クチクラ層やその構成成分の量による水分損失への影響はこれまでも研究が行われてきたが、未だ明確になっていない。Chapter 4 では、クチクラの発達と水分損失の関係について明らかにするとともに、クチクラの発達による果実のテクスチャへの影響についても考察した。

#### Chapter 2: Detection of quantitative trait loci for capsanthin content in pepper (*Capsicum annuum* L.) at different fruit ripening stages.

## (異なる果実成熟期段階において検出されたトウガラシのカプサンチン含量を制御する QTL)

本章では、マーカー選抜により高カプサンチン含量のトウガラシを育成するため、遺伝資源系統‘S3586’と品種‘京都万願寺2号’の交配に由来する倍加半数体 (DH) 系統群の連鎖地図を作成した。連鎖地図SM-DHは15の連鎖群から成り、全長1403.8 cMであった。カプサンチン含量に関するQTLは、開花後90日目の果実の解析では連鎖群13上に検出され (*Cst13.1*)、開花後45日目の果実の解析では連鎖群15上に検出された (*Cst15.1*)。 *Cst13.1* と *Cst15.1* の寄与率はそれぞれ17.0%と16.1%であった。 *Cst13.1* と *Cst15.1* 近傍マーカーの遺伝子型でDH系統をグループ分けしたところ、 *Cst13.1* と *Cst15.1* の両方で‘S3586’型のアリルを持つDH系統は、いずれの成熟期においてもその他のDH系統より高いカプサンチン含量を示した。本研究は、植物におけるカプサンチン含量に関するQTL検出の最初の報告であり、得られた結果は、高カプサンチン含量のトウガラシを育成するために有用と考えられる。

### Chapter 3: Breeding of high capsanthin-containing red pepper ‘DMSM188’. (高カプサンチン含有大型赤 F<sub>1</sub> 品種‘DMSM188’の育成)

Chapter 2 で選抜された高カプサンチン含量の SM-DH から、DNA マーカー選抜により辛味無し・稔性回復遺伝子ありの系統を選抜し、別途育成した細胞質雄性不稔万願寺2号との間で組み合わせ交配を行った。得られた F<sub>1</sub> から‘京都万願寺2号’に似た果形で高カプサンチン含量の‘DMSM188’を選抜した。‘DMSM188’の果実重は‘京都万願寺2号’よりやや小さいため、収量が低くなった。‘DMSM188’のカプサンチン含量は‘京都万願寺2号’の2倍以上であり、アスコルビン酸含量も高い。また呈味関連成分にも違いが見られることから、‘京都万願寺2号’とは異なる食味のトウガラシである。

### Chapter 4: Relationship of cuticle development with water loss and texture of pepper fruit. (トウガラシ果実におけるクチクラ層の発達と水分損失およびテクスチャの関係)

果実の商品価値を低下させる要因である水分損失について、クチクラ層の発達との関係を明らかにした。水分損失とクチクラ層の厚み、重量、総クチン含量、多糖類+クタン含量の間には強い相関関係があり、クチクラ層が表皮下細胞間に深く発達するほど水分損失が増加する傾向が見られた。表皮下細胞間に発達したクチクラ層で観察された不定型で繊維状の構造は、水分の透過性が高く、水分損失を増加させていると考えられた。加えて、外果皮の硬さとクチクラ層の厚み、重量、総クチ

ン含量、多糖類＋クタン含量の間には強い相関関係があった。トウガラシ果実の表皮下細胞間に深く発達したクチクラ層は、果皮からの水分損失を増加させるとともに、クチンや多糖類の含量が高いことで外果皮を堅く噛み切りにくくすると考えられた。

## Chapter 5: General Discussion. (総括)

トウガラシ地方品種の熟果利用に向け、機能性成分カプサンチン含量を高める育種を行うため、カプサンチン含量を制御する QTL の解析を行った。検出された 2 つの QTL に連鎖した DNA マーカーにより、2 回の試験において 2 つの成熟期とも高いカプサンチン含量を持つ系統を選抜することが可能であり、このことは、環境要因に左右されず安定して選抜できる連鎖マーカーの有効性を示している。熟果利用において、果実の収穫は完熟より前に行われるため、成熟の早期（開花 45 日後）において検出された QTL (*Cst15.1*) はより重要であり、*Cst15.1* は開花 45 日後と 90 日後を 1 つの表現型として行った解析においても検出されたことから、成熟の複数の段階で影響を及ぼすと考えられる。

検出された QTL に連鎖した DNA マーカーにより選抜された系統を用い、‘京都万願寺 2 号’ の 2 倍以上のカプサンチン含量を持つ新品種‘DMSM188’を育成した。‘DMSM188’は F<sub>1</sub> でありそれぞれの QTL をヘテロで持つが、カプサンチン含量が高くなったことから、DNA マーカー選抜と今後の F<sub>1</sub> 品種の可能性が示された。

熟果では特に大きな問題となる収穫後の水分損失について、クチクラ層の発達程度との関係を明らかにした。クチクラ層が厚く、重量が大きいほど水分損失が大きくなった。このことはクチクラの構造に起因する。クチクラ層は多層構造になっており、最も外側のワックスを多く含むクチクラプロパーが水分損失を防ぐ役割を主に担っている。その内側のクチクラレイヤーは、水分の透過を防ぐ働きが極めて小さい。本研究においてはクチクラレイヤーの主成分であるクチンおよび多糖類が多いほど水分損失が多くなった。また、表皮下細胞間に深く発達したクチクラ層には不定形で繊維状の構造が見られ、これらは多糖類と考えられた。このように表皮下細胞間に発達したクチクラ層（クチクラレイヤー）は、水分の透過性が高く、水分損失を助長すると考えられた。

加えて、クチクラ層の発達と果実のテクスチャとの関係を明らかにした。クチクラ層が厚く、重量が大きいほど果皮の硬さと韌性が大きくなった。多くの果実では、果皮の表皮下細胞がクチクラ層に埋もれた状態で存在する。そのため、クチクラ層が厚い果実ほど果皮が堅く、噛み切りにくくなると考えられた。

クチクラ層の発達が水分損失やテクスチャを改善する育種において重要な形質であることが明らかになった。特にクチクラ層の厚さは簡単に計測できることから、迅速な一時選抜に利用出来る。しかし、より有効な選抜を行うためには、クチクラ層の発達を制御する QTL を明らかにする必要がある。