

令和 3 年 6 月 22 日現在

機関番号：84410

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2020

課題番号：19K15838

研究課題名(和文)多汁性と食感が特徴的な水ナスを用いたテクスチャーに関わる遺伝的・物理的要因の研究

研究課題名(英文)A study of genetic and physical factors related to texture in Mizunasu (*Solanum melongena* L.) characterized by its juiciness and mouthfeel

研究代表者

瀬上 修平 (Segami, Shuhei)

地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所(環境研究部、食と農の研究部及び水産研究部)・その他部局等・研究員

研究者番号：10781156

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文):多汁性で歯切れの良い食感が特徴の水ナスに注目し、その果実特性に関する知見を得るため、雑種後代を材料に研究を行った。F2世代を用いた遺伝解析の結果、多汁性、果肉・果皮の硬さ、果実比重に関わる単一または複数の遺伝子座を同定した。特に第9染色体の遺伝子座はすべての形質で検出され、重要な遺伝子座であると考えられた。さらに詳細な遺伝解析により、その遺伝子の候補領域を約1.4Mbとした。食感については、F3世代の解析により、F2で見出した遺伝子座に加えて、その他新たな遺伝子座の関わりが考えられた。果肉の細胞構造と多汁性、他品種よりも水ナスで多いとされていたアルギニン含量と多汁性の相関は見出せなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ナスにおいて、食味にも深く関わる多汁性をはじめとした果実特性を決定する遺伝子座の特定は、これまでにならぬ成果であり、学術的に重要な成果である。また、水ナスの品種育成やナスの果実物性を育種的に改良する際に、本研究成果で得られた知見が利用でき、社会的な意義も大きい。

研究成果の概要(英文): In order to obtain knowledge on the fruit characteristics of Mizunasu, which is characterized by its high juiciness and crisp texture, we conducted research using the cross-fertilized generation. Genetic analysis using the F2 generation identified single or multiple loci related to high juiciness, flesh and pericarp firmness, and fruit specific gravity. In particular, the locus on chromosome 9 was detected in all traits and was considered to be an important locus. Further detailed genetic analysis showed that the candidate region for the locus was about 1.4 Mb. As for mouthfeel, analysis of the F3 generation showed that in addition to the loci found in F2, other new loci might be involved. No correlation was found between flesh cell structure and juiciness, or between arginine content and, which was considered to be higher in Mizunasu than in other varieties, and high juiciness.

研究分野：植物遺伝育種学

キーワード：ナス 水ナス 果実形質 遺伝学 テクスチャー

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ナスは栽培の歴史が長く、日本国内だけでも様々な特性をもつ地域在来品種が多く存在する。その中でも大阪府の特産野菜である水ナスは、加熱をしていない生果の状態でも果肉に力を加えると水が溢れ出るほど多汁で、サクサクと歯切れの良い食感と灰汁の少なさも相まって、生食に不向きとされるナスにおいて珍しく生食が可能な品種である。これまでに品種比較によって、その果実特性(主に物性)に関する研究が行われており、水ナスは一般的なナスよりも、果汁指数が高いことや、果肉が柔らかいことなどが物性解析装置を用いた実験で示されてきた(中村ら, 1988、堀江ら, 2014)。しかし、水ナスの果実特性がどのような遺伝様式なのか、一般的なナスと具体的に何が違うことでその性質を示すのか、という理解までには至っていなかった。

他の野菜品目と同様、近年ナスも遺伝学研究が進展している。果重、果形、草型、果実のアントシアニンやナスニンの含有量、果皮色、病害抵抗性、単為結果性といった形質について量的形質遺伝子座(QTL)解析をはじめとした遺伝解析が行われているが、食味に直接関わるような果実特性に注目した研究は行われていなかった。

研究代表者は、水ナスの交配育種に取り組んでおり、その中で水ナスの多汁性が比較的単純な遺伝形質である可能性を見出した。さらに、同じように多汁性をもつ系統間でも食感が異なる個体があることを見出し、多汁性と食感が別の遺伝因子で決定されている可能性が示唆された。これらの結果から、雑種後代を解析することで、水ナスの果実特性に関する新たな知見が得られると考えた。

2. 研究の目的

水ナスと一般的な果実特性を持つナス品種の雑種後代を材料に、水ナスの多汁性、果肉・果皮の硬さ、比重、含水率、食感といった果実特性について、遺伝様式や関連する遺伝子領域などの遺伝学的な知見を得ることを目的とした。また、細胞構造や成分などの面からも果実特性を決定する要因についても明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 水ナスの果実特性に関わる形質調査

植物材料として、'泉州絹皮水茄子'(以降、水ナス)と一般的な果実特性を持つ単為結果性品種'AE-P24'、それらを交配したF1およびその後代F2世代('泉州絹皮水茄子' × 'AE-P24') 97個体を用いた。既報(堀江ら, 2014)の方法を参考に、各個体から得た収穫果実の果汁指数(多汁性)、果肉・果皮の硬さ、比重、含水率を調査した。果汁指数と果肉・果皮の硬さは物性解析装置を用いて、比重は果実を水に浸漬した体積から、含水率は乾物重量からそれぞれ測定および算出した。

(2) 果実特性に関するQTL解析および多汁性関連遺伝子座のファインマッピング

実験(1)で形質調査した両親品種およびF2世代91個体から葉をサンプリングし、ゲノムDNAを抽出、Illumina社シーケンサーHiSeq4000を使ったGRAS-Di解析を委託解析により行った。GRAS-Di解析で得られた優性マーカー候補のうち、両親の遺伝子型を判別できる共優性マーカーを選び、遺伝解析に用いた。遺伝解析は、ソフトウェアR/qt1で、各形質に関するQTL解析(Composite interval mapping法)を実施した。

F2で行った多汁性に関するQTL解析で検出した遺伝子領域について、詳細に解析するため、F3世代を数系統展開し、その表現型の分離を確認するとともに、過去に解析した水ナスの全ゲノムシーケンズデータを活用し、新たにDNAマーカーを作成し、F2およびF3個体を用いてファインマッピングを行った。

(3) F3世代を用いた食感に関する調査

多汁性と非多汁性の果実では、物性が大きく異なり、食感の違いだけを比較することは困難であるため、F2世代において多汁性を示した6個体の後代F3系統をそれぞれ5~20個体(本調査に果実を使用できたのは4~16個体)作出し、遺伝的に多汁性を固定した材料として調査に用いた。各F3個体から得た収穫果実を物性解析装置で解析し、果肉片を圧縮した際の荷重のピークが見られるかによって、食感を調査した。

(4) 走査型電子顕微鏡による果肉組織の観察

両親品種、F2、F3個体から得た収穫果実からメスで果肉片を切り出し、走査型電子顕微鏡の低真空モードで果肉細胞の観察を行い、それぞれ多汁性と非多汁性の果実で比較を行った。また、凍結乾燥を行った果実についても、同様の観察を実施した。

(5) 果実におけるアルギニン含量の分析

F3 系統のうち、同じ F2 個体から多汁性と非多汁性が分離した個体の果実を使用して、LC-MS によるアルギニン含量の比較を行った。

4. 研究成果

(1) 水ナスの果実特性に関わる形質調査

両親品種および F1 の形質比較では、含水率を除いた多汁性、果肉・果皮の硬さ、比重について両親間で有意な差が見られた。また、F1 は多汁性を示さず、水ナスの多汁性は潜性遺伝する形質であることが明らかになった(図1)。さらに、F2 世代 97 個体の多汁性を調査すると、果汁指数が高い 80 個体と果汁指数が低い 17 個体に分離しており、つまり多汁性と非多汁性はおよそ 3:1 の分離比であった。一方、果肉・果皮の硬さ、比重、含水率は F2 世代において連続的な頻度分布を示した。したがって、多汁性以外の調査形質は複数の量的形質遺伝子座で決定されると推定された。

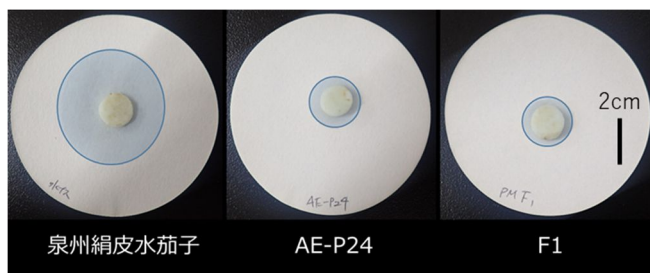


図1 多汁性の比較

(2) 果実特性に関する QTL 解析および多汁性関連遺伝子座のファインマッピング

まず GRAS-Di 解析により、両親の遺伝子型データから抽出された優性マーカー候補数は 1902 マーカーであった。そのうち共優性を示し、遺伝子型データの欠損が少ない 233 組のマーカーを選定した。染色体毎のマーカー数は、第 1 染色体から第 12 染色体の順に 56、4、17、6、5、20、21、14、4、8、6、72 であった。各果実形質に関する QTL 解析の結果、多汁性に関わる QTL は第 9 染色体に 1 つ、果肉の硬さに関わる QTL は第 3 染色体と第 9 染色体に各 1 つで計 2 つ、果皮の硬さに関わる QTL は第 9 染色体に 1 つ、果実の比重に関わる QTL は第 9 染色体に 1 つと第 10 染色体に 2 つで計 3 つ、それぞれ検出された(図 2)。一方で、含水率に関する QTL は検出されなかった。第 9 染色体の QTL の相加効果は果肉の硬さでは -0.78、果皮の硬さでは -2.69、比重では 0.048、多汁性では 9.87 と、いずれも水ナス遺伝子型が果肉・果皮を柔らかく、比重と多汁性を高くする効果を持っており、水ナスがもつ果実特性に関わる重要な遺伝子座であることが明らかとなった。

シーケンズデータから得られた塩基多型データを利用し、QTL 解析により得られた第 9 染色体の遺伝子領域近傍に新たに DNA マーカーを 8 つ作成した。F3 の表現型分離の確認と DNA マーカーによる遺伝子型決定により、第 9 染色体の遺伝子候補領域を約 1.4 Mb まで絞り込んだ。

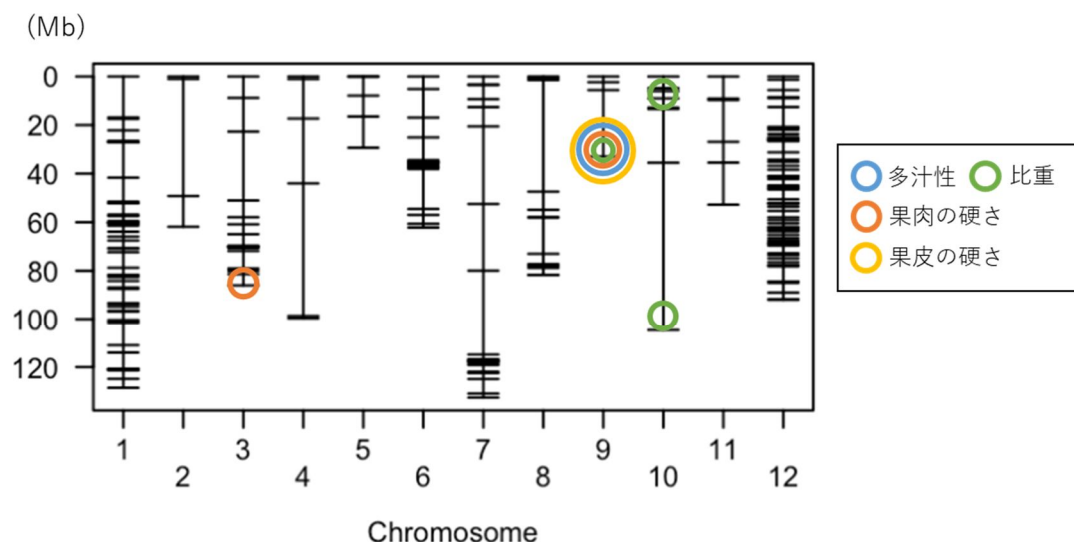


図2 各果実形質のQTLが検出された染色体上の位置
縦軸の物理位置は Barch *et al.* 2019を参照

(3) F3 世代を用いた食感に関する調査

F2 世代において多汁性を示した 6 系統 (A-F とする) の各 F3 個体のうち、A 系統では 12 個体中 5 個体で果肉片を圧縮した際の荷重の明瞭なピークが見られた。その他、B 系統では 11 個体中 1 個体、F 系統では 16 個体中 1 個体で同様のピークが見られ、C (15 個体)、D (4 個体)、E (12 個体) 系統ではピークが見られた個体はなかった。つまり、ピークが見られるような食感の良い個体の頻度は各系統で大きく異なった。各系統の F2 世代の遺伝子型を比較すると、A 系統のみが果肉の硬さに関わる第 3 染色体の QTL と比重に関わる第 10 染色体の QTL (2 つあるうち長腕側にあるもの) の遺伝子型が水ナス型であった。それらの QTL は水ナス型で果肉が硬く、比重が高くなる領域であり、それら QTL のうち、どちらか一方または両方が食感に関わっている可能性が考えられた。さらに、A 系統の中でも表現型の分離が見られているため、その他の遺伝子座に関わっていることも推定された。また、同じ個体でも果実ごとのばらつきもあり、環境要因による影響も大きいと考えられた。

(4) 走査型電子顕微鏡による果肉組織の観察

両親品種と F1、F2 および F3 の多汁性と非多汁性それぞれの果実で果肉細胞を比較したが、細胞の形 (縦横比)、大きさ、細胞間隙について、個体ごとの特徴は見られるものの、多汁性と相関のある特徴は捉えられなかった。現時点では、外観で捉えられる細胞構造は多汁性に関係していないと考えられる。

(5) 果実におけるアルギニン含量の分析

同じ F2 個体から得られた F3 系統の多汁性を示す 2 個体と非多汁性を示す 2 個体で果実中のアルギニン含量を比較した結果、多汁性とアルギニン含量に相関は見られなかった。過去の品種比較 (堀江ら, 2014) で、水ナスは他のナス品種よりもアルギニン含量が多いというデータが示されていたが、アルギニン含量は水ナスの多汁性には関係していないと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 瀬上修平、齊藤猛雄、宮武宏治
2. 発表標題 雑種後代を用いた水ナス果実特性の解析
3. 学会等名 園芸学会令和2年度春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 瀬上修平、宮武宏治
2. 発表標題 水ナスの果実特性に関する遺伝解析
3. 学会等名 園芸学会令和3年度春季大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------