

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23780034

研究課題名(和文)メロンの単為結果性の遺伝学的解析と育種的利用に関する研究

研究課題名(英文)Genetic analysis of parthenocarpic ability in melon

研究代表者

吉岡 洋輔 (Yoshioka, Yosuke)

筑波大学・生命環境系・助教

研究者番号：50462528

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：雑草メロンのもつ単為結果性の遺伝的機構を解明し、育種的利用のための科学的・技術的知見を獲得することを目的として、単為結果性の遺伝解析を実施するとともに、単為結果性メロン系統と現行メロン品種・系統間の交雑後代の単為結果能力の選抜を实践し、単為結果性メロン品種の育種可能性を探った。その結果、雑草メロンの単為結果性は2つの主要な劣性遺伝子により支配されていると考えられ、本系統を素材として、幅広い作型で単為結果するメロンF1品種の育成が可能であることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Parthenocarpy, the ability to set fruits without pollination, is one of the promising agronomic traits since it has potential to achieve labor saving and cost reduction in melon cultivation. This study performed genetic analysis of parthenocarpic traits, such as fruit set ratio and fruit size, in weedy melon, in order to acquire knowledge of the inheritance for the efficient breeding. In addition, we start to breed a near isogenic line from a weedy melon accession with parthenocarpic ability by successive backcrossing with a muskmelon cultivar 'Earls Favorite Harukei 3'. Genetic analysis indicated the parthenocarpic ability may be controlled by at least two recessive genes, and parthenocarpic ability is stable throughout the year. These results indicated the parthenocarpic genes of the weedy melon is useful in breeding of parthenocarpic melon cultivars.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：園芸学・造園学

キーワード：単為結果性 遺伝解析 育種 メロン

1. 研究開始当初の背景

果菜類において、受粉不良による結実率の低下は低収量や収穫時期のずれを引き起こす非常に重大な問題である。多くの果菜類では受粉・結実をミツバチやマルハナバチなどの花粉媒介昆虫に依存しているが、これら昆虫が活発に行動できない不良環境下(低温、日照不足、降雨など)では、受粉不良による結実率の低下が頻繁に起こる。また、近年では野生のハチの減少や商業養蜂におけるミツバチの大量失踪(蜂群崩壊症候群)が世界的な問題になっており、果実生産をハチなどの花粉媒介昆虫による受粉に依存することの脆弱性が指摘されている。

ウリ科作物では結実率の低下が与える影響は作物種によって異なる。キュウリのように1個体から多くの果実を収穫する作物種では主に低収量が問題となる。一方、メロン、スイカ、カボチャなど、1個体から少数の果実を収穫する作物種では、授粉時期がずれることにより各果実の収穫時期がずれ、収穫作業の長期化や果実品質のばらつきなどの問題が生じる。この問題の最も有望な解決策として、単為結果性品種の開発が挙げられる。単為結果には植物生長調節剤の投与などの外的刺激により受精を経ずに結果する他動的単為結果と、そのような外的刺激がなくても結果する自動的単為結果がある。他動的単為結果はいずれの方法も処理操作に多大な時間と労力が掛かるため、現在では様々な果菜類で強い自動的単為結果能力をもつ品種の開発が期待されている(以下の文章では、単為結果はすべて自動的単為結果のことをいう)。キュウリではすでに単為結果性品種の利用が一般的であり、現在のキュウリ生産では結実率の問題は生じていないが、それ以外の主要なウリ科作物では現在でも単為結果性の有望育種素材が見つかっておらず、単為結果性品種の開発の目処は立っていない。単為結果性品種は結実率低下の問題を解決するだけでなく、花粉媒介昆虫の存在による栽培管理上の制約を受けない新しい栽培法の開発にもつながるため、これら作物種においても単為結果性品種開発の意義は非常に大きい。

日本近海の離島に自生する雑草メロンや日本在来のマクワウリやシロウリの品種は東アジア地域(華北)で分化・成立し日本へ渡来したと考えられている。過去の研究でこれらのメロン遺伝資源の中に単為結果性をもつ品種・系統が存在すること、そしてこれら品種・系統のもつ単為結果性関連遺伝子が育種に活用される可能性があることが報告されている。また、筆者も雑草メロンとマクワウリの数系統が生育初期の早い段階で単為結果する強い単為結果能力をもつことを確認している(未発表データ)。これまで、ウリ科作物ではメロンと同じキュウリ属のキュウリとカボチャ属のペポカボチャで単為結果性に関する研究報告がなされており、

特にキュウリでは単為結果性の QTL 解析が行われるなど、単為結果性の遺伝的機構の解明を目指した研究が米国の研究グループにより進められている(ただし、2006年の報告以降、単為結果性に関連する研究報告は途絶えている)。一方、メロンでは単為結果性の研究報告は存在するものの、単為結果性の遺伝的機構については全く明らかにされていない。雑草メロンやマクワウリの単為結果性の遺伝的機構を解明することは、メロンの単為結果性品種の開発に向けた基礎的知見が得られるとともに、ウリ科キュウリ属の、ひいてはウリ科作物全般の単為結果性研究の進展に大きく貢献するものと期待される。

2. 研究の目的

近年、単為結果性遺伝子が見出されたナス科のトマトやナスでは、単為結果性の遺伝学・栽培生理学的研究に基づいた単為結果性品種の育種技術開発が精力的に進められている。今後は他の果菜類においても単為結果性遺伝子の探索や育種素材化に加え、育種技術開発に向けた遺伝学や栽培生理学分野の統合的な研究の推進が不可欠である。本研究では雑草メロンやマクワウリの単為結果性について、交雑試験・連鎖解析などにより単為結果性の遺伝的機構を明らかにし、関連遺伝子座を同定する。また、単為結果性メロン系統と現行メロン品種・系統間の交雑後代の単為結果能力の選抜を実践し、現行品種並の果実品質をもつ単為結果性メロン品種の育種可能性を探る。

3. 研究の方法

(1) 解析集団の育成

単為結果性をもつ複数の雑草メロンおよびマクワウリの品種・系統間の正逆総当たり交配により F1 の種子を採種するとともに、単為結果性系統と非単為結果性の現行メロン品種・系統との交雑後代(F1 及び F2 世代)の種子を採種する。

(2) DNA マーカーの開発

連鎖解析のための解析集団に適用可能な DNA マーカーの選定・開発を行う。DNA マーカーの選定では野菜茶業研究所が過去に開発したものに加え、ウリ科植物ゲノム研究国際コンソーシアム(ICuGI)の Cucurbit Genomics Database(CuGenDB)に登録されている既存の SSR マーカー a の中から、(1)で育成する解析集団の親系統間で多型が得られるマーカーを選定する。なお、過去に発表されたメロンの連鎖地図では、連鎖群の数が基本染色体数に収束しないものや、連鎖地図の中で座乗するマーカー数が極端に少ない領域が存在するなどの問題が多い。本研究で同じような問題が生じた場合には、CuGenDB のメロン EST 情報や同じキュウリ属のキュウリの配列情報を利用して、新たなマーカーを開発する。

(3) 単為結果性の評価と遺伝解析

(1)で育成した解析集団の単為結果性を評価する。単為結果性の評価においては、単為結果性の有無に加え、単為結果果実の肥大能力を定量的に評価する。得られた評価値に基づいて、単為結果性の有無の分離比検定や、単為結果果実の肥大能力のダイアレル分析を行う。また、単為結果性系統と非単為結果性の現行メロン品種・系統との複数の交雑後代(F2世代)の中から連鎖解析に用いる解析集団を決定し、(2)で開発されたDNAマーカーについて各個体のジェノタイピングを行う。さらに、各個体の単為結果性の有無と果実の肥大能力を評価し、連鎖解析を行う。

(4) 単為結果性系統の選抜実験

(3)で用いた解析集団中から単為結果性をもつ個体を選抜し、自殖または非単為結果性親の現行メロン品種・系統との戻し交雑を行い、単為結果性能力に加え、単為結果果実の形態的特性(果実や胎座部の大きさや形など)、生理・生態的特性(単為結果果実の着果節位、成熟までの日数、糖度などの果実の成分品質など)を詳細に評価し、現行品種並の果実の特性をもつ単為結果性系統の選抜を進める。

4. 研究成果

マクワウリ、シロウリ及び雑草メロンの合計225系統の中から強い単為結果性をもつ11系統を見出した(表1)。

表1. 単為結果性の強い11系統

系統ID	種類	結果率 (%)	平均果実重量 (g)
EF3(対照) ^a	マスクメロン	0.0	
940205	まくわうり	8.3	320.4
940165	まくわうり	10.6	353.2
940187	まくわうり	20.8	221.8
650015	まくわうり	41.3	660.5
920015	まくわうり	47.9	200.9
640090	まくわうり	59.6	237.2
650030	まくわうり	59.6	182.4
650019	まくわうり	60.4	186.7
650120	まくわうり	70.8	175.8
630045	まくわうり	72.9	256.5
640062	まくわうり	77.1	116.6
940217	まくわうり	77.1	198.4
940046	雑草メロン	100.0	51.4
2000174	雑草メロン	100.0	57.6

^aアールスフェボリット春系3号

除雄法と柱頭切除法を比較した結果、柱頭切除法では除雄法に比べて結果率、単為結果果実の総重量、単為結果果実の平均果実重量が低かったものの、多くの系統で有意な差は認められなかった。また、柱頭切除部に人工授粉をしても結果率等に有意な差は認められなかった。以上の結果から柱頭切除法は除雄処理法に比べて短時間でできることに加え、袋がけをしなくてもよいことから、柱頭切除法は除雄法に比べて作業性・効率性に優れる

評価法であると考えられた(表2)。

表2. 単為結果性の評価法の比較

系統	処理区	結果率 (%)	総重量 (g)	平均重量 (g)
650030	A(除雄+袋がけ)	60.0 a	1599.7 a	271.4 a
	B(柱頭切除のみ)	45.5 a	1128.8 a	235.1 a
	C(柱頭切除+受粉)	48.9 a	1316.4 a	258.3 a
	D(受粉)	69.3 a	1744.2 a	243.2 a
640062	A(除雄+袋がけ)	76.9 a	1465.4 a	191.5 a
	B(柱頭切除のみ)	82.0 a	1264.7 a	155.0 a
	C(柱頭切除+受粉)	70.5 a	1222.1 a	169.8 a
	D(受粉)	80.4 a	1483.3 a	182.2 a
2000174	A(除雄+袋がけ)	85.7 ab	375.1 b	45.9 b
	B(柱頭切除のみ)	59.0 bc	286.4 b	45.8 b
	C(柱頭切除+受粉)	54.4 c	255.3 b	44.4 b
	D(受粉)	100.0 a	678.2 a	69.5 a
940046	A(除雄+袋がけ)	85.4 ab	475.2 a	56.0 a
	B(柱頭切除のみ)	79.3 ab	470.1 a	56.4 a
	C(柱頭切除+受粉)	67.6 bc	466.0 a	65.7 a
	D(受粉)	93.8 a	592.0 a	61.3 a
EF3	C(柱頭切除+受粉)	0.0	0.0	0.0
(対照)	D(受粉)	42.4	3216.5	810.7

各系統において、異なるアルファベット間には5%水準で有意差があることを示す(Tukey-Kramer法の多重比較)

また、単為結果性は普通栽培や抑制栽培では安定的に発現することが分かった(図1)。

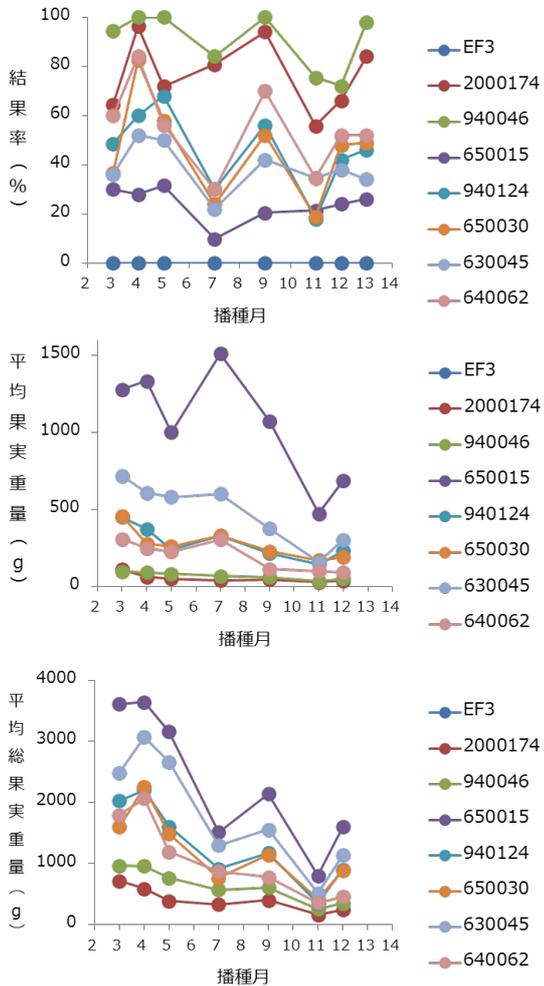


図1. 単為結果性の季節変動

単為結果性系統の「940046」と非単為結果性の「アールスフェボリット春系3号」とのF1はほとんど単為結果せず、F2集団では単為結果性と非単為結果性個体が54:40に分離し、

期待分離比 9 : 7 に高い確率で当てはまったことから、単為結果性は2つの劣性遺伝子により支配されていると推定された。ただし、単為結果した40個体の中で、単為結果性親系統と同程度の単為結果率の個体は少なく、単為結果率や単為結果果実の着果節位は大きくばらついた。単為結果性系統の片側ダイアレル分析の結果、単為結果率や単為結果果実の平均重量などの形質はいずれも広義および狭義の遺伝率が高く、平均優性度が1以下であったことから、不完全優性の形質であることが明らかになった。また、単為結果率と単為結果果実の平均重量は非常に強い負の相関関係にあり、単為結果率の優性遺伝子は結果率を高くする方向へ、平均重量の優性遺伝子は重量を低くする方向に作用することが分かった。

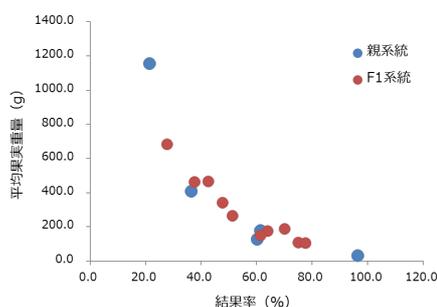


図2．ダイアレル集団における結果率と平均果実重量の関係

表3．ダイアレル分析の結果

遺伝パラメーター		平均結果率 (%)	平均果実重量 (g)	果長果径比
D	相加分散	804.18	205264.90	0.67
H1	優性分散1	39.12	57234.75	0.31
H2	優性分散2	42.36	40772.81	0.23
sqr(H1/D)	平均優性度	0.22	0.53	0.68
h	優性遺伝子の平均的作用方向	0.60	-137.93	0.16
D/(D+E)	固有遺伝率	0.99	1.00	1.00
h2b	広義の遺伝率	0.98	0.99	1.00
h2n	狭義の遺伝率	0.95	0.85	0.89

非単為結果性のマスクメロンの固定品種「アールスフェポリット春系3号」と、単為結果性系統3系統(雑草メロン系統「940046」を含む)について、約500の既存のSSRマーカーを用いてジェノタイピングを行ったところ、約200個のSSRマーカーについて、これら系統間に多型が認められた。これまでに連鎖解析の材料である「アールスフェポリット春系3号」と雑草メロン系統「940046」のF2集団について2回の表現型調査とジェノタイピングを終了し、連鎖解析を実施している。

単為結果性系統「940046」を一回親、「アールスフェポリット春系3号」を反復親とした連続戻し交雑を実施し、これまでにBC2F2の種子を採種した。今後連続戻し交雑をさらに進めた後に、果実品質等の調査を行う予定

である。

以上の結果から、本研究で見出した単為結果性系統を素材として、幅広い作型で単為結果するメロンF1品種の育成が可能であり、特に比較的低節位で安定的に単為結果するF1品種を育成するためには、両親系統ともに劣性の単為結果性遺伝子をもつことが必要であると考えられる。

5．主な発表論文等

〔学会発表〕(計 1件)

吉岡洋輔、下村晃一郎、杉山充啓、メロン単為結果性の育種素材探索と遺伝効果の推定、園芸学会平成25年度春季大会、2013年3月23日、東京農工大学

6．研究組織

(1)研究代表者

吉岡 洋輔 (YOSHIOKA, Yosuke)

筑波大学・生命環境系・助教

研究者番号：50462528