

令和 2 年 5 月 4 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07642

研究課題名(和文) 自生種に見出した両性自家結実性と耐暑性形質のキウイフルーツへの導入

研究課題名(英文) Introduction of hermaphroditism and heat tolerance of wild *Actinidia* found in warm region in Japan into kiwifruit

研究代表者

片岡 郁雄 (Kataoka, Ikuo)

香川大学・農学部・教授

研究者番号：60135548

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：国内の温暖地域で発見した両性自家結実性マタタビ属自生種とキウイフルーツ品種との交雑後代の形質を調査した。両性自家結実系統を花粉親とした場合、後代において花粉稔性は認められなかったが、すべて形態的両性花を着生することが明らかとなった。キウイフルーツ品種に比べ、自生種は耐乾性および耐暑性に優れ、キウイフルーツとの交雑後代においてもこれらの形質を発現するものが認められた。また、自生種への*A. chinensis*および*A. deliciosa*種のキウイフルーツ品種の接木において高い活着率が得られ、正常な初期生育が認められ、台木としての利用が可能であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義として、マタタビ属植物では極めてまれな両性自家結実性を有する温暖地自生種とキウイフルーツとの交雑後代における性発現の様相が明らかとなり、遺伝的解明に向け新たな知見が得られた。また、自生種の耐暑性が確認され、交雑後代への導入の可能性が示された。社会的意義として、授粉コスト・労力の削減や温暖化への適応に向け、自家結実性や環境適応性を有するキウイフルーツの育成や台木の選抜に有用な新規遺伝資源であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Characteristics of the progenies of crossing between hermaphroditic self-fruitful *Actinidia* found in the warm region in Japan and kiwifruit cultivars were investigated. All cross seedlings bore morphologically hermaphroditic flowers with sterile pollens, when the hermaphroditic wild species was used as paternal parent. Compared to kiwifruit cultivars, the hermaphroditic species showed higher tolerance to drought and high temperature stresses, and the tolerance was introduced in some of the cross seedlings. The hermaphroditic species had high graft compatibility with the scion of kiwifruit cultivars, and normal growth of grafted plants suggested the use of the hermaphrodite species as the rootstock of kiwifruit.

研究分野：果樹園芸学

キーワード：キウイフルーツ マタタビ属 自生種 両性 自家結実性 温暖化適応 接木親和性 台木

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 果樹の品種改良において、近縁種の利用は栽培種にない有用形質を導入する上で極めて有効である。「両性自家結実性」は、雌雄異株性であるキウイフルーツにおいて不可欠な人工授粉のコスト・労力の大幅な削減をもたらす重要な形質である。一方、元来、環境適応範囲が狭いキウイフルーツでは、急速に進む温暖化による高温、乾燥等の環境ストレスの増大により、葉やけ等の生理障害の発生が拡大しつつあり、「耐暑性」は、今後、穂木品種のみならず台木の選抜において重要形質となると考えられる。

(2) 国内では、キウイフルーツの雌雄性に関して、器官分化の形態的観察や花粉貯蔵条件の検討、人工授粉技術の開発等、授粉技術の開発の観点からの研究が主体に行われてきたが、成長調節剤による雌雄性の制御は成功には至っていない。環境ストレスについては、主要品種の「ヘイワード」が他の果樹に比べ乾燥や湿潤に弱いことが示され、食味品質が優れることから近年栽培が拡大しているチネンシス種はさらに耐性が劣ることが明らかとなり、耕種的な対策が検討されている。自生種の環境適応性については、温暖地自生のシマサルナシ (*A. rufa*) を用いた育種および台木選抜が進められつつある。

国外では、両性自家結実性について、ニュージーランドでデリシオサ種の雄品種に子房が発達する突然変異が発見され、これを母本にした育種が検討されている (McNeilage ら、2007)。近縁種の *A. eliantha* 等でも自家結実変異の報告はあるが、育種的な活用の事例はない。一方、ニュージーランドやイタリアなど主要生産国の気候は比較的穏やかなため、環境ストレスに対する耐性の付与についての研究は、これまでほとんど行われなかった。しかし、近年の温暖化によりストレスが増大していることから、穂品種や台木の耐性を拡大する必要性があり、類縁種の活用が検討され始めている。

(3) 研究代表者らは、国内の温暖地での自生遺伝資源探索において、マタビ属では極めて希な両性で自家結実性を有する個体群を発見した (図1)。これらは、四倍体であり、その形態的特性から、亜熱帯地域に広く自生分布する *A. callosa* とみなされ、さらに四倍体キウイフルーツ品種との交雑が可能であることを見出した (松本ら、2013)。



図1 両性・自家結実性自生種

### 2. 研究の目的

本研究は、温暖地自生種が有する両性・自家結実性および温暖条件への適応性をキウイフルーツに導入することを目指し、四倍体キウイフルーツ品種との交雑後代における形質発現を明らかにするとともに、環境適応力の優れる台木として活用するため、キウイフルーツ品種との接ぎ木親和性を明らかにした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 両性自家結実性個体とキウイフルーツ間の交雑実生の性表現の発現様相

両性自家結実性個体とチネンシス種の四倍体キウイフルーツ雌2品種と雄2品種との交配によって得た4年生の交雑実生および自殖実生について、性表現の発現様相を明らかにする。

#### (2) 両性自家結実性個体とキウイフルーツ間の交雑実生の結実特性と果実特性

結実が認められた交雑後代の果実の形態と発育、成分、食味等の形質を明らかにする。

#### (3) 両性自家結実性個体とキウイフルーツ間の交雑実生の環境ストレス耐性

挿し木繁殖個体を用いて、高温耐性、乾燥耐性、過湿耐性等の環境ストレス耐性を明らかにする。

#### (4) 両性自家結実性個体とキウイフルーツ各種との接ぎ木親和性

挿し木繁殖個体を用いて、*A. deliciosa* および *A. chinensis* キウイフルーツ、その他の種間雑種品種との接ぎ木親和性を明らかにする。

### 4. 研究成果

#### (1) 両性自家結実性個体とキウイフルーツ間の交雑実生の性表現の発現様相

研究期間中、交雑実生で17個体、両性系統の自殖実生で4個体が開花に至った。*A. chinensis* の2品種(雌)を種子親、両性・自家結実系統 Mh1 を花粉親として得た9個体は全て形態に両性花を着生した(表1)。一方、両性・自家結実系統 Mh1 を種子親として、*A. chinensis* の2系

表1 チネンシス種キウイフルーツと両性系統の交雑個体の花の形態と花粉発芽率

実生個体コード	形態	花粉発芽率(%)
AP×Mh1/1	両性	0
AP×Mh1/2	両性	0
AP×Mh1/3	両性	0
AP×Mh1/4	両性	0
AP×Mh1/5	両性	0
SG×Mh1/1	両性	0
SG×Mh1/2	両性	0
SG×Mh1/3	両性	0
SG×Mh1/4	両性	0
Mh1×SO/1	雄性	5.4±4.5 <sup>Z</sup>
Mh1×SO/3	雄性	43.2±8.1
Mh1×SO/4	両性	0
Mh1×SO/5	両性	0
Mh1×SO/6	雄性	6.9±3.5
Mh1×APC6/1	雄性	29.5±7.8
Mh1×APC6/2	雄性	2.2±1.8
Mh1×APC6/3	雄性	13.4±6.6
Mh1自殖/1	両性	20.7±8.4
Mh1自殖/2	両性	20.6±8.9
Mh1自殖/3	両性	39.2±13.3
Mh1自殖/4	両性	20.9±15.2

Z: 平均値±標準偏差

統(雄)を交配した後代では、交配組合せにより、雄花のみ着生した個体が出現したものの、雄花と両性花着生個体が分離して出現したものがあつた。雄花を着生した個体では2.2~43.2%と変異があつたものの花粉発芽が確認されたが、形態的な両性花を着生した個体では花粉発芽はみられなかつた。両性・自家結実性系統 Mh1 の自殖実生は、全て両性花を着生し、20.6~39.2%花粉発芽が確認された。

### (2) 両性自家結実性個体とキウイフルーツ間の交雑実生の結実特性と果実特性

*A. chinensis* 'アップル' と両性・自家結実系統 Mh1 の交雑実生1個体が結実し、果実の大きさは、両性・自家結実性系統よりも大きかつたが、*A. chinensis* 'アップル' よりはかなり小さかつた。成熟果実の可溶性固形物含量は8~12%、滴定酸含量は1.3~1.6%であつた(表2)。交雑個体の果実の果皮は、両親と同様に褐色無毛であつたが、果肉色は淡緑色で、母方の'アップル'の黄色と両性自生個体の濃緑色の中間を示した(図2)。

表2 チネンシス種キウイフルーツと両性系統の交雑個体、両親および両性系統自殖個体の果実形質

後代・品種・系統	果実重(g)	TSS(%)	TA(%)	種子数
AP/H-1	23.9±1.8	10.9±0.5 <sup>2</sup>	1.6±0.2	94.8±7.4 <sup>2</sup>
SG/H-2	34.5	13.8	1.4	109.0
Mh1自殖-1	9.8±1.0	18.6±0.7	2.6±0.1	132.0±29.5
<i>A. chinensis</i> 'アップル'	54.2±35.1	14.1±0.8	1.6±0.3	424.5±427.8
<i>A. chinensis</i> 'さぬきゴールド'	91.7±5.2	15.7±0.2	0.9±0.4	559.0±142.5
両性・自家結実性系統 Mh6	10.1±0.3	18.5±0.5	1.9±0.1	128.4±23.0

<sup>2</sup>: 平均値±標準偏差

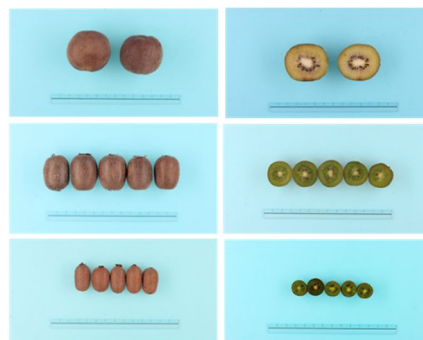


図2 チネンシス種キウイフルーツ'アップル'(上)、と交雑個体(中)および両性系統(下)の果実外観(左)と横断面(右)

### (3) 両性自家結実性個体とキウイフルーツ間の交雑実生の環境ストレス耐性

#### [ 両性自家結実性系統の乾燥耐性 ]

土壌体積水分率は、灌水遮断後1日で15%以下となり、その後緩やかに低下し約5%まで低下した(図3)。「ヘイワード」では処理開始2日目から3個体ともに、萎れと葉やけが発生し、4日目までに著しい葉やけが生じ落葉が進んだ。一方Mh6では、処理開始2日目の9時の時点で葉やけは見られず、15時に萎れが発生したが、翌朝には回復した。処理開始4日目においても、萎れが見られたのみで、葉やけは発生しなかつた(図4)。土壌体積水分率との関係では、10%を下回った時点から「ヘイワード」では葉やけが発生し、急激に進行した。一方、Mh6では、10%を下回っても葉やけは見られなかつた。「ヘイワード」では、処理開始2日後から光合成速度が急激に低下した。一方、Mh6では、乾燥処理により低下が見られたものの「ヘイワード」の対照区と同程度の値を維持した(図5)。

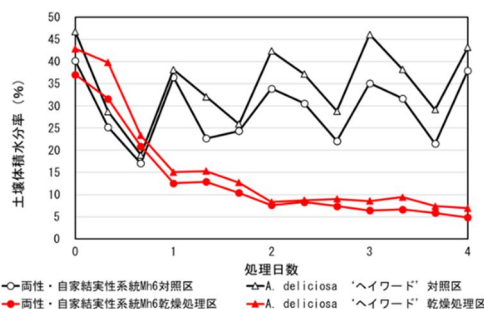


図3 乾燥処理期間中の土壌体積水分率の変化

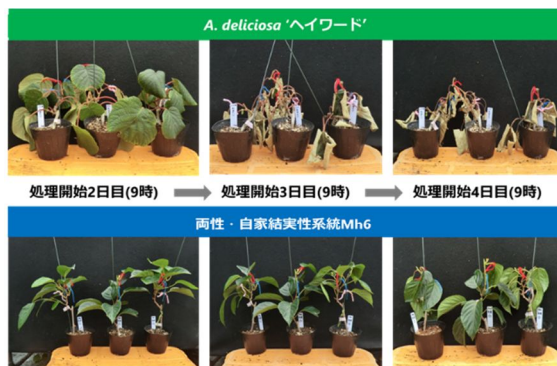


図4 乾燥処理期間中の両性自家結実性植物およびヘイワードの生育状態

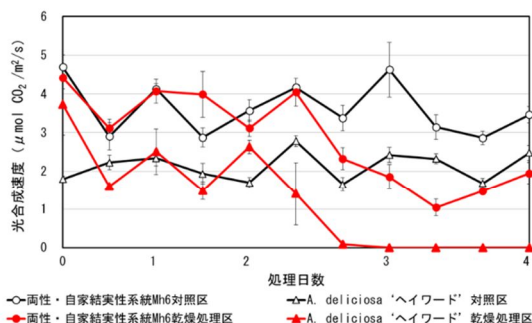


図5 乾燥処理期間中の両性自家結実性系統および'ヘイワード'の光合成速度の変化

[ 両性自家結実性系統の高温耐性 ]

高温処理を行ったビニールフレーム内の平均気温は34で、日中は40を超えた(図6)、「ヘイワード」では処理開始6時間後から葉やけが発生し、その後拡大した。処理終了後6日目には約70%が葉やけし落葉した。一方Mh6では、処理開始6時間後に1個体でのみ葉やけが見られたが、その後の進行は緩やかで、処理終了後6日目でも、1個体でのみ落葉がみられたが、残り2個体では軽度な葉やけのみ見られた(図7)。光合成速度は、「ヘイワード」およびMh6のいずれも処理開始1日後には極めて低い値となった(図8)。

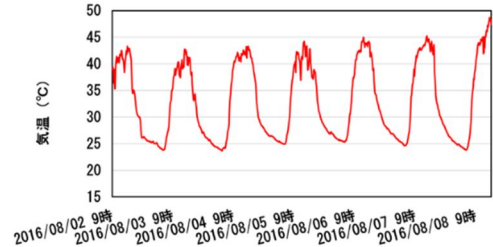


図6 高温処理期間中の気温の変化

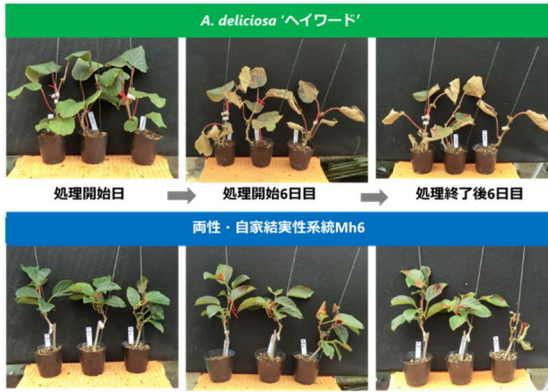


図7 高温処理期間中の両性自家結実性植物およびヘイワードの生育状態

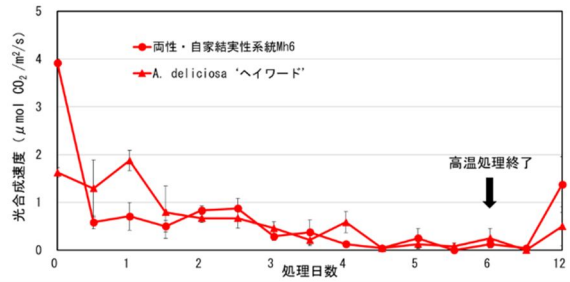


図8 高温処理期間中の両性自家結実性系統および「ヘイワード」の光合成速度の変化

[ 両性自家結実性系統と A.chinensis `アップル` の交雑実生個体の高温耐性 ]

夏季の高温ストレス条件下において、四倍体 A.chinensis の品種では、一部に葉やけが発生したが、両性系統では葉やけは全く見られなかった(図9)。交雑後代では、個体変異が大きかったが、葉焼けがほとんど見られない個体もあった。光合成速度も、交雑個体間で変異が大きかったが、交配親を超えるものもあった(図10)。

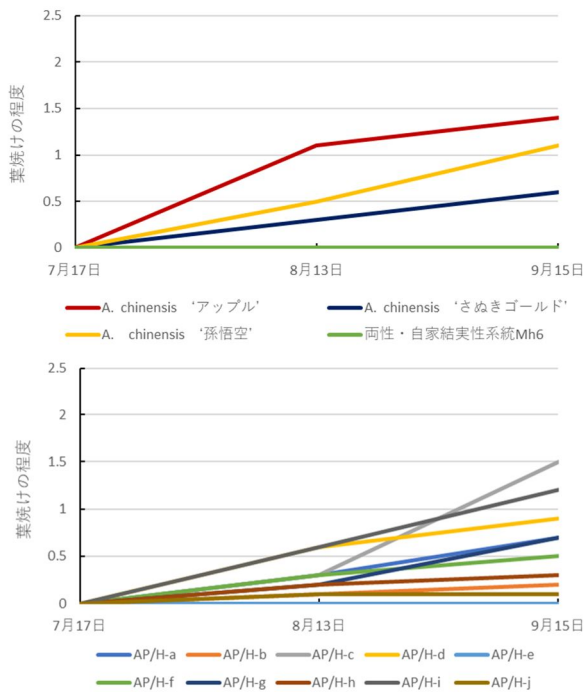


図9 夏季の高温ストレス下における親品種系統(上)とA.chinensis `アップル` と両性系統の交雑実生個体(下)の葉やけ発生様相

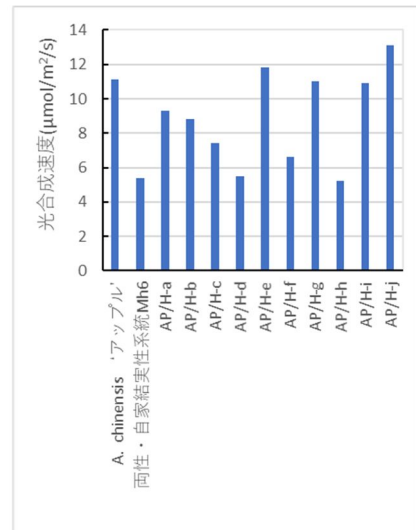


図10 夏季の高温ストレス下における親品種系統とA.chinensis `アップル` と両性系統の交雑実生個体(下)の光合成速度

(4) 両性自家結実性個体とキウイフルーツ各種との接ぎ木親和性

Mh6の休眠枝を用いた接ぎ挿しにおいて、発根率は全ての組み合わせで90%以上と高かった。また発根量は、全ての処理区で2.0-2.3の範囲であった(図11、表3)。各品種の穂木と両性・自家結実性系統 Mh6 の休眠枝における接ぎ木活着率は、‘レインボーレッド’と‘香川UP-キ5号’で高く90%以上であったが、‘ハイワード’では72%とやや低かった。‘レインボーレッド’と‘香川UP-キ5号’の穂木は挿し木後2週間で発芽を開始し、5週間目にはほとんどの穂木で発芽が観察された。一方、‘ハイワード’の穂木では挿し木後4週間目まで発芽は見られず、5週間目から11週間後までゆるやかに発芽した。

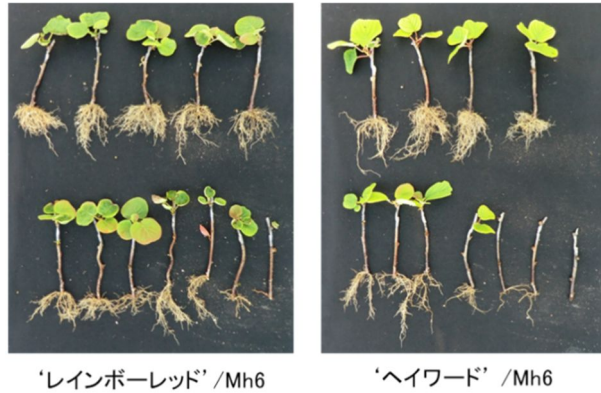


図11 両性自家結実性系統(Mh6)を台木とした接ぎ挿しにおける活着と発根

表3 両性自家結実性系統(Mh6)を台木とした接ぎ挿しにおける活着と発根

穂品種/台系統	実施日		調査日	挿し穂数	活着率 (%)	平均展葉枚数	発根率 (%)	発根量 (0~3)
	接木	挿木						
<i>A. chinensis</i> ‘レインボーレッド’ /Mh6	3月21日	4月20日	7月20日	12	100	5.2±1.1 <sup>2</sup>	91.7	2.2±0.9
‘香川UP-キ5号’ /Mh6	3月21日	4月20日	7月20日	12	91.7	4.8±2.3	100	2.3±0.8
<i>A. deliciosa</i> ‘ハイワード’ /Mh6	3月21日	4月20日	7月20日	11	72.7	2.7±1.9	90.9	2.0±1.0

z平均値±標準偏差 発根促進処理：IBA1000ppm瞬間浸漬

両性自家結実性系統 Mh6 を台木とした接木個体の初期生育について、接木結合部でやや肥大が見られたが、著しい台勝ちや台負けの症状はなかった(表4)。「レインボーレッド」と「香川UP-キ5号」に比べ、「ハイワード」の節数と新梢伸長量は少なかったが、葉の状態は正常であった。

表4 両性自家結実性系統(Mh6)を台木としたキウイフルーツの初期生育(1年生)

穂木/台木	接木部位周辺の直径(mm)			節数	新梢伸長量 (cm)
	穂木	接木接合部	台木		
<i>A. chinensis</i> ‘レインボーレッド’ /Mh6	10.2±1.2 <sup>2</sup>	16.0±2.8	9.3±0.6	21±8	119±56
‘香川UP-キ5号’ /Mh6	9.7±1.1	15.9±3.6	9.4±1.3	28±3	156±21
<i>A. deliciosa</i> ‘ハイワード’ /Mh6	8.7±0.7	15.7±1.0	9.1±1.9	10±4	85±38

z平均値±標準偏差

<引用文献>

松本 曜、別府賢治、片岡郁雄、日本の温暖地に自生する *Actinidia* 属植物に見いだした両性形質と自家結実性の検証、園芸学研究、12巻、2013、361-366

McNeilage, M. A. et al., All Together Now: the development and use of hermaphrodite breeding lines in *Actinidia deliciosa*, Acta Horticulturae, 753巻、2007、191-197

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 片岡郁雄, 河村美菜子, 別府賢治
2. 発表標題 温暖地に見出したActinidia自家結実性植物の環境ストレス耐性
3. 学会等名 園芸学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 島尾周作, 赤木剛士, 別府賢治, 片岡郁雄, 田尾龍太郎
2. 発表標題 マタタビ属両性花系統の発生起源の特定および形態学的特徴の観察
3. 学会等名 園芸学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>日本自生のマタタビ属研究 - 資源評価と活用 -  <a href="https://www.ag.kagawa-u.ac.jp/kataoka%20labo/ik.actinidia_research.html">https://www.ag.kagawa-u.ac.jp/kataoka%20labo/ik.actinidia_research.html</a></p>
--

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
研究協力者	別府 賢治  (Beppu Kenji)		

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	田尾 龍太郎  (Tao Ryutaro)		
研究協力者	赤木 剛士  (Akagi Takesi)		
研究協力者	河村 美菜子  (Kawamura Minako)		