

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 14 日現在

機関番号：14503

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501054

研究課題名(和文)植物の生殖を扱う単元におけるウリ科植物に替わる雄性不稔を利用した教材の開発

研究課題名(英文)Development of the teaching materials with a male sterility plant in the unit "Pollination and fruition of plants"

研究代表者

渥美 茂明 (Atsumi, Shigeaki)

兵庫教育大学・学校教育研究科(研究院)・教授

研究者番号：70144623

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：小学校5年理科では「受粉と結実」の単元では、ほとんどの教科書でカボチャなどウリ科植物を教材としている。これらの植物の単性花が人工授粉を容易にしているが、雄花の10分の1以下の雌花しか付けない

雌花や雌花の代わりになる雄性不稔の花を毎日たくさん付ける教材植物があれば、この単元の実践を改善することが出来る。カタバミの雄性不稔株は栄養繁殖によって実験室で栽培されてきた。本研究では雄性不稔株の稔性を回復することが出来る4系統の回復系統を使って、雄性不稔株に、雄性不稔株が育つ種子を作ることが出来る維持系統を7つ育成することが出来た。

研究成果の概要(英文)：In 5th grade elementary sciences, sexual reproduction of the plants is taken in the unit "Pollination and fruition of plants". Almost textbooks of the elementary sciences introduce pumpkin or plants of Cucurbitaceae as the teaching materials in this unit. Female flowers of these plants make it easy to control artificial pollination, but most flowers are male flowers and female flowers were one tenth or less of the male flowers.

A new teaching plant material with many female flowers or equivalent male sterility flowers must improve the practice of the unit. A male sterile *Oxalis corniculata* plant has been cultured in the laboratory through vegetative propagation. With four strains of male fertile *O. corniculata* (wild type) that can restore fertility of the sterile plant, 7 strains which can make male sterile plants to set seeds that grow to the same male sterile plants were obtained through this study.

研究分野：植物学、生物教育

キーワード：理科教材開発 植物の生殖 雄性不稔 カタバミ

1. 研究開始当初の背景

小学校理科(5年)では動植物の生殖の仕組みを実験と観察を通して学ぶ。特に、「花にはおしべやめしべなどがあり、花粉がめしべの先に付くとめしべのもとが実になり、実の中に種子ができること。」では、受粉と結実の因果関係を、条件制御をともなう実験を通して学ぶことになっている。受粉の制御を行うために、かつてはアサガオの除雄をともなう実験を掲げた教科書も見られたが、指導要領解説の示唆に従って、現在はもっぱら、雌雄異花のウリ科の植物(おもにカボチャの仲間)を使う実験が掲載されている。

しかし、ウリ科の植物は大きな果実を付けるので、雄花に比べて雌花の数は少ない(10分の1以下)のが通例である。1個体のカボチャが開花期を迎え、花を次々に咲かせても、毎日、雌花が見出されることはない。そのため、授業を雌花の開花に合わせる必要が生じる。また、オモチャカボチャの鉢植えといえども重く、教室に運び込むことも、十分な数の植物を用意することも容易ではない。

児童の机に乗せることが出来るくらい小さな植物で、しかも、雌花を次々に付ける教材があれば充実した実践を行うことが出来る上、児童の発案した実験を行うことも可能になるだろう。

2. 研究の目的

本研究の代表者はウリ科植物に比べはるかに小型のカタバミ(*Oxalis corniculata*)を系統栽培する中で、雄性不稔の個体(遺伝的に雄しべに花粉が生じない変異体)を見出し、これを用いた授業実践を提案した。しかし、花粉のない雄性不稔個体からは自家受粉による種子を得られないため、種子を頒布することは出来ない。本研究を発案した当時は鉢植え苗を頒布したが、多数の苗を継続的に頒布することは困難であった。

そこで、雄性不稔の維持系統を作出し、種子による雄性不稔系統の頒布を可能とする研究を立案した。回復系統(野生株)の細胞質に不稔系統の核を移し、核に存在する不稔遺伝子の発現を細胞質遺伝子の働きで抑制し花粉形成が回復した維持系統を作出するとともに、維持系統を通して不稔系統の育種を目指す研究を立案した。

3. 研究の方法

【カタバミの雄性不稔の仕組み】 熊本で採取した雄性不稔株は、栄養繁殖(株分け)によって維持増殖することができる。この不稔株を使って、雄性不稔の発生学的な背景と遺伝学的な背景について分析の結果、不稔株のおしべの中では、減数分裂が進行し花粉四分子が形成されていた。しかし、本来、溶けるように消失するタペート層も、四分子のカロース壁も消失せずに残存し、小胞子は遊離することなくタペート層とともに崩壊した。空になった葯室もつぶれ、開花時には花粉を持



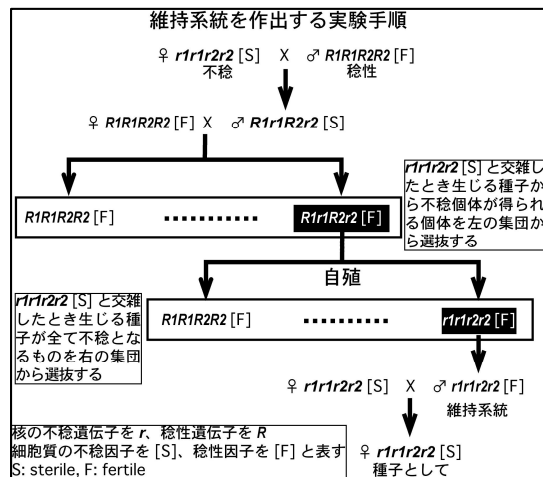
たない白くやせ細った葯が生じた(写真左)。

野生株と交雑すると、F₁は花粉を作るようになり、F₂種子を多量(用いる野生系統に依存するが)に作った。この種子を播種してF₂世代

を観察すると、不稔の個体がおよそ1/16~1/7の割合で分離したので、雄性不稔遺伝子(劣性)が2つ核に存在し、不稔個体の出現率が16分の1よりも大きくなるので、2つの劣性遺伝子は比較的強く連鎖している可能性が示唆された。以下、不稔遺伝子をr、稔性遺伝子をRと表記する。

【維持系統の作出手順】 雄性不稔株に花粉を交配すると種子を生じ、その種子から稔性のある花粉を作る個体を生じるような系統を回復系統と呼ぶ。雄性不稔株と回復系統との間に生じたF₁個体の花粉を、回復系統に交雑する。種子親(回復系統)の配偶子はすべてR1R2型と考えると、F₂世代の内、約4分の1がR1r1R2r2型であると期待される。どのF₂雑種の自殖種子を播種しても不稔植物は全く得られなかったため、雄性不稔形質には細胞質因子(核遺伝子と共同して不稔をもたらす雄性遺伝子をS、稔性となる劣性遺伝子をFとする。不稔株は細胞質にSを持ち、回復系統は細胞質にFしか持たないと仮定した。)が関わることを示唆された。核の遺伝子型がr1r1r2r2で、細胞質が野生型F(花粉を作ることが出来る遺伝子の型)となっている維持系統の作出が可能であると予想される。

R1r1R2r2型のF₂個体を選抜したいので、



F₂個体の花粉を不稔株に交雑してF₂世代の遺伝子型を調べた。雄性不稔株である種子親の配偶子はすべてr1r2型なので、R1r1R2r2型の花粉親からは約4分の1の割合で雄性不稔を与えるF₂個体を選抜し、自殖によるF₃種子を採取した。

F₃種子を播種・育苗し、その花粉を再び不稔株に受粉させ、生じる種子が全て不稔となれば、それが稔性を持つ維持系統(F型の細胞質にr1r1r2r2型の核を持つ)である(上

図)。

【維持系統の利用】 維持系統の花粉を雄性不稔株に交配して得た種子からは、必ず雄性不稔の個体を得ることが出来る。これにより、雄性不稔株を種子にして保存することが出来るとともに、種子による教材の配布が可能になる。

維持系統の自殖種子は維持系統の性質を保持するので、特定の遺伝形質を発現する系統を育種することが可能である。また、維持系統同士との交配を行っても維持系統としての遺伝形質は維持されるので、交配育種も可能である。

使用した雄性不稔カタバミ KMT-HD は縁が赤みを帯びる緑葉で側枝は匍匐する。花はレモンイエローで、柱頭は内側の輪生帯の雄しべよりも高くなる長花柱性を示す。一方、回復系統には、SIZ-KGY (写真右、黄緑色の葉、長い節間、匍匐する側枝、長花柱性の花)、V4 (写真右上、赤色の葉、短めの節間、斜行する側枝、等花柱性の花、黄緑色の果実)、V6 (写真右中、暗緑色の葉、伸びない節間、匍匐する側枝、等花柱性の花、暗緑色の果実)、KMT-AP1 (写真右下、赤色の葉、長い節間、匍匐する側枝、等花柱性の花、赤色の果実)の4系統を用いた。等花柱性の花は、自動的に受粉して、種子を生じる。長花柱性の花では、多数の種子を得るためには人工授粉が必要である。



4. 研究成果

【維持系統作成の経過】 4つの回復系統を用いて、維持系統の作出を試みた。SIZ-KGY、V4、KMT-AP1の3つの系統に由来する維持系統を作出することが出来たが、V6系統に由来する維持系統を得ることは出来なかった(予想される理由は後述する)。

4つの回復系統を雄性不稔株に交配してF₂世代の種子を採取した。この種子を播き、25ないし50個体のF₂世代を栽培し、各個体の花粉を雄性不稔株 KMT-HD に交配して得た種子30粒ほどを栽培して花粉の有無を調べた。

SIZ-KGYを使った維持系統の作出では、全体で8系統のF₁個体を選抜し、順次F₂世代を展開し検定交雑を行った。第1年には、2系統のF₂世代の栽培と検定を中心に1485個体を、第2年にはF₃世代の栽培と検定を含め7系統2237個体を、第3年度には5系統954個体を栽培し、2つの維持系統を作出した。

V4を使った維持系統の作出では、全体で3系統のF₁個体を選抜し、順次F₂世代を展開し検定交雑を行った。第1年には、3系統の

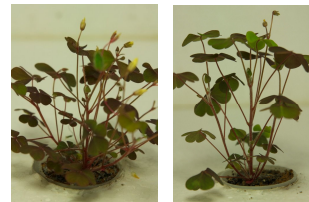
F₂世代の栽培と検定の準備を行い、第2年には1系統のF₂世代の栽培と検定のために450個体を、第3年度には2系統のF₃世代の栽培と検定のために1722個体を栽培し、4つの維持系統を作出した。この中には側枝が斜行し、コンパクトに成長する維持系統が存在した。

KMT-AP1を使った維持系統の作出では、1系統のF₁個体を選抜し、順次F₂世代を展開し検定交雑を行った。第1年には、F₂世代の栽培と検定の準備を行い、第2年にはF₂世代の検定のために750個体を、第3年度にはF₂世代の検定のために250個体を栽培し、1つの維持系統を作出した。

一方、V6を使った維持系統作出の試みでは、第1年には、F₂世代の栽培と検定の準備のために雄性不稔株との交雑種子を集め、第2年にはF₂世代の検定のためにこの種子をまき720個体を栽培した。第3年度にはR1r1R2r2型のF₂世代の自殖種子50粒を栽培してその遺伝子型を検定した。r1r1r2r2型の核を持つ自殖種子は1つも見いだされなかった。検定時にほぼ半数が雄性不稔となった親株から採取した自殖種子をさらに25粒まき、成長した個体を検定したが、r1r1r2r2型の核を持つ自殖種子は1つも見いだされなかった。

2つの雄性不稔遺伝子が連鎖していても、研究方法で説明したような手順で実験を行えば、2つの遺伝子は同じ染色分体上に座乗し、自殖によってホモ接合体が16分の1より高い頻度で得られると期待した。V6や第1年中のV4の実験のように維持系統が全く得られないことは予想しがたかった。しかし、上述のような結果となったのは、2つの遺伝子座の間で染色分体の乗り換えが起き、目的のホモ接合体が得られない状況に陥ったと想像することが出来る。

【維持系統の利用】 V4では側枝が斜行する維持系統(写真下左)が得られた。これを繰り返し雄性不稔株に交配すると雄性不稔株も側枝が斜行するようになった(写真下右)。このように側枝が斜行すると、栽培時に隣り合う株同士で枝が絡んだり、匍匐枝が



別のポットに根を下ろすようなトラブルを避けることが出来る。これは、学校

現場で雄性不稔カタバミを栽培するとき大いに便利な形質となることが予想される(写真右)。

本研究の主要な目標である維持系統を確立し、種子による雄性不稔株の配布を



可能にすることが出来た。また、緑色の葉を持つ維持系統（写真下）を2つ、赤色の葉と斜行する枝を持つ維持系統が3つ、赤色の葉と匍匐する枝を持つ維持系統を2つ作成する



ことが出来た。緑葉の系統に斜行枝の系統を交雑して緑葉と斜行枝を持つ維持系統は容易に作成できるだろう。これによって教育実践の幅が広がることが期待される。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 0件）

〔学会発表〕（計 3件）

渥美 茂明、雄性不稔カタバミ（*Oxalis corniculata*）を用いた新規教材植物の開発—維持系統の育種、日本生物教育学会第96回全国大会、2014年1月12日、筑波大学（茨城県つくば市）

渥美 茂明、雄性不稔カタバミを用いた学校教材の開発、2014年4月19日、第3回近畿植物学会講演会、大阪市立大学理学部附属植物園（大阪府交野市）

渥美 茂明・櫻尾 嘉人・加藤 舞、雄性不稔カタバミ（*Oxalis corniculata*）を用いた新規教材植物の開発（2）、日本生物教育学会第98回全国大会、2015年1月10日、愛媛大学（愛媛県松山市）

〔図書〕（計 0件）

〔産業財産権〕

出願状況（計 0件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

取得状況（計 0件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

カタバミの生物学を目指して

http://www.sci.hyogo-u.ac.jp/atsumi/atsumi/atsumi's_WEB_page.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渥美 茂明 (ATSUMI Shigeaki)

兵庫教育大学 学校教育研究科 教授

研究者番号：70144623

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：