

受粉と結実の実験材料に関する基礎的研究（1）

－ アサガオを用いた実験の検証 －

泉 好 弘* 田 中 沙耶香** 赤 星 恵 弥***

（平成25年2月7日受理）

【要 旨】 受粉と結実に関する実験は，ウリ科植物を用いて実施することが多くの教科書に記載されている。しかしながら，「翌日開花するつぼみを識別することが難しい」，「雄花に比べ雌花の出現数が少ない」等の問題があるため，ウリ科植物に替わる実験材料を探す必要がある。そのための基礎的研究として，今回はアサガオを実験材料とした場合の問題点を検証した。2種のアサガオを用いて受粉と結実に関する実験を行った結果，9月中旬に実施した場合の成功率は約60%であったが，9月下旬では，つぼみの数が少なくなったため実験ができなかった。受粉と結実に関する授業は9月の下旬に実施される場合が多くなっているため，9月末まで実験可能で結実率が100%に近い植物種を探す必要があることが課題として明らかになった。

I はじめに

小学校5年の理科の生物分野では，「植物の発芽，成長，結実」と「動物の誕生」について学習するが，「動物の誕生」では卵と精子が受精に至る過程については取り扱わないため，有性生殖に関係する内容は，植物の受粉と結実に関する観察と実験を通して学習することになる¹⁾。植物の受粉と結実の関係について小学校学習指導要領解説では，「花粉をめしべの先に付けた場合と付けない場合で実のでき方を比較しながら調べ，結実するには受粉することが必要であることをとらえるようにする」とされており，実験材料については雄花と雌花のある植物を用いることが示唆されている¹⁾。そのため，ウリ科植物を用いて花の構造の観察と受粉と結実に関する実験を行うことが多くの教科書に記載されている。ウリ科植物は雌雄異花で大型の単性花をつけるため児童が実験しやすいことに加え，開花前に雄しべを取り除く作業（以下，除雄）をする必要がないため，受粉と結実の実験材料に適していると考えられてきた。しかしながら，渥美と笠原（2005）は，被子植物の大部分は両性花をつける，翌日開花するつぼみを識別することが難しい，雄花に比べ雌花の出現数が少ないため予定した日時に必要な数の雌花が咲かないことがある等の理由で，カタバミの雄性不稔系統をウリ科植物に替わる実験材料として推奨した²⁾。カタバミは両性花をつけるが，この系統の花粉には稔性が無いため，除

* いずみよしひろ 大分大学教育福祉科学部生物学教室
** たなかさやか 大分大学教育福祉科学部教科教育コース理科選修
*** あかほしえみ 大分大学教育福祉科学部教科教育コース理科選修

雄をする必要がない（野生種の花粉を雄性不稔系統に受粉させれば結実する）。また、前田と西野（2010）は、ファストプランツと呼ばれるアブラナ科植物の矮性変種を推奨している³⁾。この植物には自家不和合性の性質があるため、除雄をする必要がない（異なる系統間で受粉させれば結実する）。これらの植物は両性花でありながら、除雄をせずに受粉と結実に関する実験ができるため、花の構造の観察と受粉と結実に関する実験を行うための優れた材料だと考えられる。しかしながら、両性花であっても除雄をする必要がないことを児童が疑問に思った場合には、カタバミの雄性不稔系統ではこの植物の花粉には稔性がないことを、ファストプランツでは同一の花内で受粉が起こっても結実しないことを説明する必要がある。

大分県の多くの小学校で採用されている大日本図書の教科書では、アサガオを材料に用いて花の構造の観察と受粉と結実に関する実験を行うように記載されている。受粉と結実の関係については、アサガオの花をルーペで観察して、雄しべの葯に大量の花粉があることと雌しべの柱頭に花粉が付着していることに気付き、「雌しべに花粉が付着することによって結実するのではないか」という仮説を立て、実験で確かめる、という流れになっている⁴⁾。アサガオの代わりにカタバミの雄性不稔系統やファストプランツを用いた場合には、実験を行う段階で同一の花の中で受粉が起こっても結実しないこと説明する必要が生じ、その説明をした時点で、通常は花粉が雌しべに付着することによって結実することを教えてしまうことになる。そのため、受粉と結実の関係についての学習がすべて終了した後、確認のために行う実験で使用するのであれば、これらの植物は有効な実験材料だと言えるが、花の観察から受粉と結実の関係についての仮説を導き、実験で確かめる際の材料としては適さないと考えられる。

アサガオは、大型の両性花をつけ、翌日開花するつぼみの識別が容易で、人工交雑の技術が確立しているため、受粉と結実に関する実験材料に適していると考えられるが、大日本図書以外の教科書では主要な実験材料とされていない。そこで我々は、受粉と結実の実験に適した材料を見つけるための基礎的研究として、アサガオを実験材料とした場合の問題点を検証した。

II 材料及び方法

1 材料

実験にはアサガオ (*Ipomoea nil*) の園芸品種「枝垂れ朝顔 恋しぐれ」と「超巨大輪 江戸あさがお」を用いた。前者は園芸ネット（株式会社アーキネット）より、後者は有限会社テーブルガーデン篠原より苗を購入し、6号鉢に移植して栽培した。

2 方法

実験は8月下旬から9月中旬に実施した。翌日開花する大型のつぼみ（図1 A）の約半数について、つぼみをカミソリで切り開き（図1 B, C）、雄しべの葯をすべて取り除いた（図1 D, E）。それにポリエチレンの袋をかぶせ、袋の口を接木用のテープで止めた（図1 F）。以後、これらの作業を「除雄処理」と呼ぶ。除雄処理は16:30~18:00の間に実施した。

翌朝、除雄処理をしなかった花（図2 A）から雄しべを採取し（図2 B, C）、除雄処理を行った花の雌しべの柱頭に雄しべの葯を押し付けて花粉を付着させた（図2 E, F）。それに再びポリエチレンの袋をかぶせ、袋の口を接木用のテープで止めた（図2 G）。以後、これらの作業を「受粉処理」と呼ぶ。受粉処理は8:00~10:00の間に実施した。除雄処理を行った

花の一部については、受粉処理を行わず、翌朝まで放置した。

翌朝、すべての袋をはずし、以後、子房の変化を観察した。

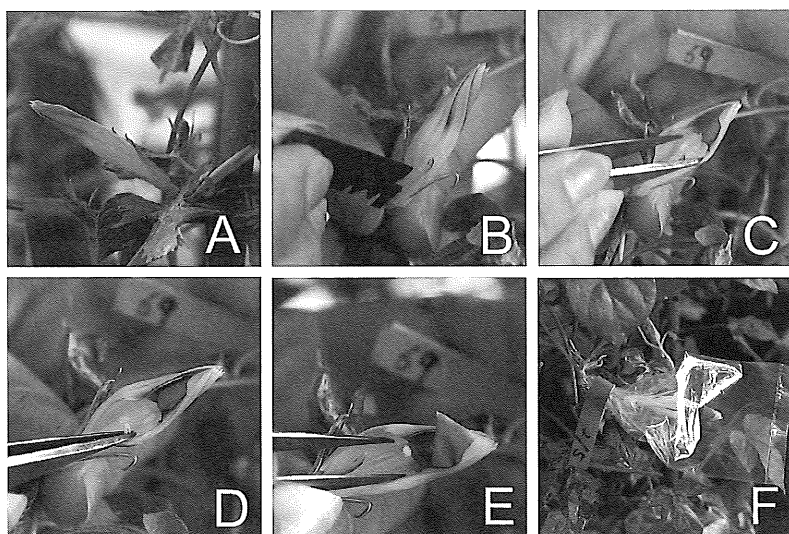


図1. 除雄処理の過程

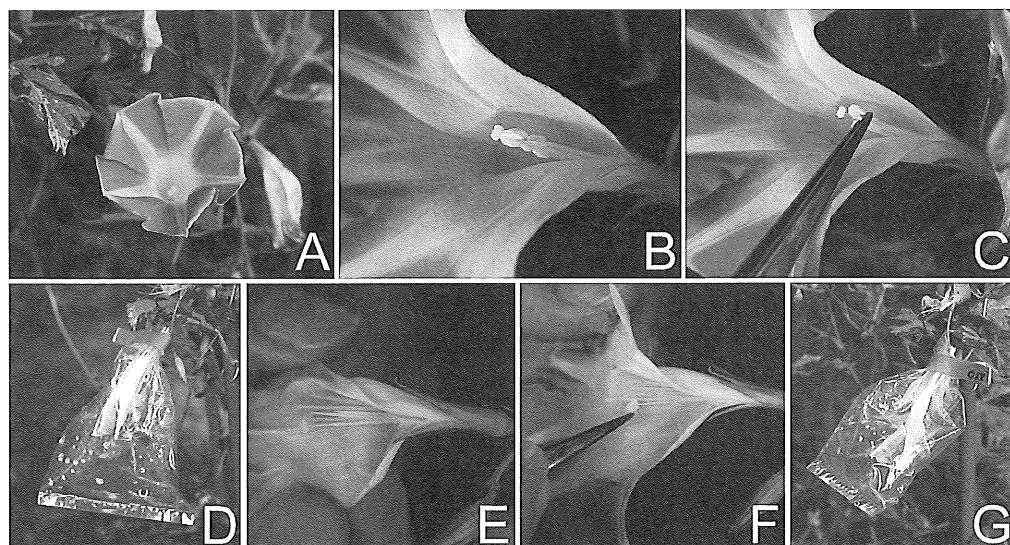


図2. 受粉処理の過程

Ⅲ 結果と考察

今回の実験には2種のアサガオの園芸品種を用いたが、ほぼ同じ結果となったため、実験結果は「枝垂れ朝顔 恋しぐれ」についてのみ述べる。除雄処理を行い、受粉処理をしなかった花（以下、花粉をつけなかった花）は、開花後約1週間でがく片が黄色に変化し、枯死したことが確認された（図3 A）。除雄処理を行い、受粉処理をした花（以下、花粉をつけた花）は、

受粉処理後約1週間で子房の肥大化が確認され(図3 B, C), 2週間程度経過すると果実の直径は約1 cmに達した(図3 D, E)。しかしながら, 花粉をつけた花でも枯死したものが多数見られた。

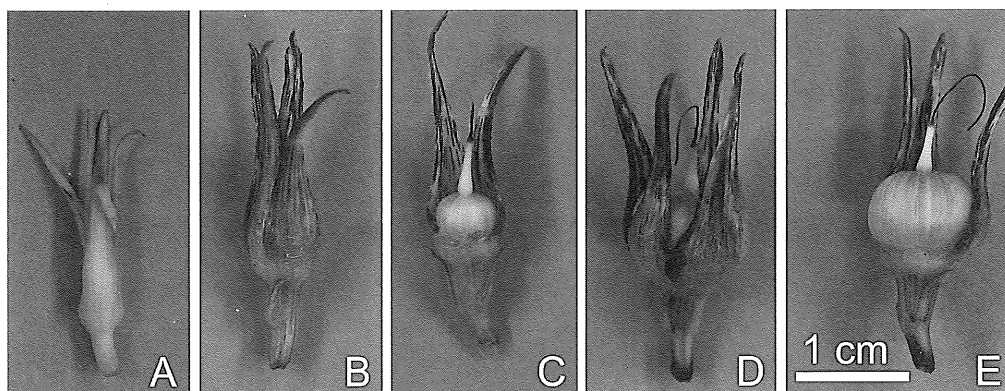


図3. 開花後の花の様子(果実の発達)

- A : 開花6日後の花粉をつけていない花(枯死)
- B, C : 開花(受粉処理)6日後の花粉をつけた花(果実)
- D, E : 開花(受粉処理)13日後の花粉をつけた花(果実)

表1は、「枝垂れ朝顔 恋しぐれ」の受粉実験の結果を示したものである。花粉をつけなかった花では, 結実したものはまったく無く, 14個の花が枯死し, 3個が行方不明となった。不明となったものを除くとすべての花が結実せずに枯死したことになり, この結果は除雄処理に問題が無かったことを示している。一方, 花粉をつけた花では, 35個の花が結実, 59個が枯死, 4個が行方不明という結果になった。不明となったものを除いた場合の結実率は37.2%で, 非常に低い値となった。これは, 受粉実験の成功率が37.2%だったことを示しており, 授業で実施するには低すぎる値だと考えられる。表1の無処理の花とは除雄処理と受粉処理のいずれも行わなかった花のことで, 受粉処理の際に必要な花粉を供給するために, 除雄処理をせずに残しておいた花のことである。これらの花には受粉処理の際に雄しべを取り除かれたものが多数含まれるが, アサガオは自動同化送粉によって開花する直前の深夜に受粉を完了するため, これらの花は自然状態の花と同等ものだと考えてよいと思われる(以後, 無処理の花のことを自然状態の花と呼ぶ)。自然状態の花では, 40個の花が結実, 101個が枯死, 8個が行方不明という結果になった。不明となったものを除いた場合の結実率は28.4%で, 花粉をつけた花よりも低い値となった。花粉をつけた花の結実率が自然状態の花の結実率を上回ったことから, 今回の実験で前者の結実率が非常に低くなった原因は受粉処理に問題があった訳ではなく, 実験に用いたアサガオに問題があったのか, あるいは環境に問題があったのではないかと考えられる。

花粉をつけた花の結実率は, 受粉処理を行った時期によって大きな差が見られた。図4は受粉の時期による結実率の変化を示したグラフである。8月下旬(8月20日から8月31日)に受粉処理を行った花では, 結実したものはほとんど無く, 不明となった花を除いた場合の結実率は6.7%であった(以下, 結実率は不明となったものを除いた場合の割合で示す)。9月上旬(9月1日から9月10日)に受粉処理を行った花の結実率は44.7%に上昇した。9月中旬(9月11

日から9月17日)に受粉処理を行った花の結実率はさらに上昇し、61.5%となった。自然状態の花の結実率は、8月下旬に開花したものは9.3%、9月上旬に開花したものは29.9%、9月中旬に開花したものは61.9%となり、花粉をつけた花の場合と同様の変化を示した。8月下旬は残暑が厳しい日が続くが、9月に入ると少しずつ気温が下がってくる。今回の実験結果は、気温がある程度低くなるとアサガオの結実率が上昇することを示唆している。9月の下旬に受粉処理を行うとさらに結実率はさらに上昇すると考えられるが、その時期にはつぼみの数が少なくなったため、今回は実験を断念した。

表1 受粉実験の結果

	花の数(%, %*)		
	受粉処理をした花 〔花粉をつけた花〕	受粉処理をしなかった花 〔花粉をつけなかった花〕	無処理の花** 〔自然状態の花〕
結実	35 (35.7, 37.2*)	0 (0, 0*)	40 (26.8, 28.4*)
枯死	59 (60.2, 62.8*)	14 (82.4, 100*)	101 (67.8, 71.6*)
不明	4 (4.1, -)	3 (17.6, -)	8 (5.4, -)
計	98 (100, 100*)	17 (100, 100*)	149 (100, 100*)

* 行方不明となった花の数を除いた場合の割合(%)

** 除雄処理をせずに残しておいた花

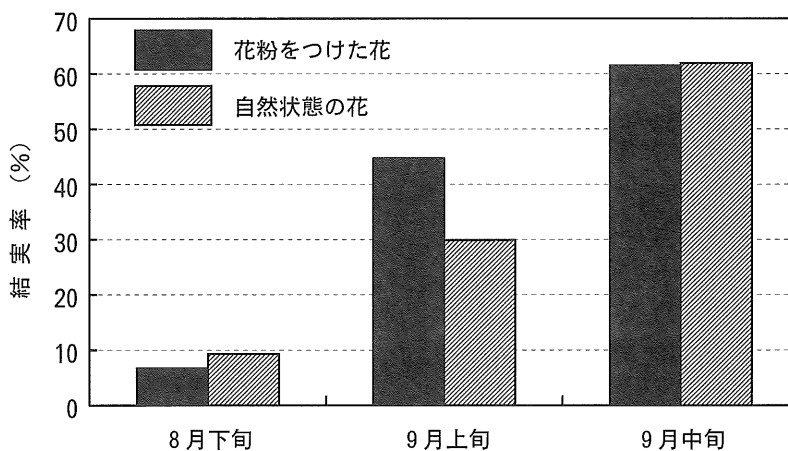


図4. 受粉の時期による結実率の変化

2種のアサガオを用いた受粉と結実に関する今回の実験では、9月中旬に実施した場合の成功率は約60%であった。この値は生物学的に見るとそれほど低い値ではないと思われるが、花粉をつけた花の約40%が結実しなかったことを小学5年生にうまく説明することは難しいため、授業で実施する際の成功率は100%に近いことが望ましい。9月下旬に実験を行うと成功率は上がると考えられるが、今回実験に用いた2種のアサガオでその時期に実験を行うことは不可能だと思われる。受粉と結実に関する授業は、9月の下旬に実施される場合が多くなって

いるため、9月末まで実験可能で成功率が100%に近い植物種を探す必要がある。ウリ科植物や雄性不稔種、自家不和合性種と異なり、アサガオをこの実験に用いる場合には除雄処理が必要となる。しかしながら、アサガオはつぼみが大きいいため、除雄処理はそれほど難しいものではなく、数回練習すれば誰でもできるようになると思われる。事前に児童が練習をするための時間を確保することは難しいかもしれないが、除雄処理は教師が実施し、児童は受粉処理のみを行うことで問題は回避できると考えられる。アサガオは、「両性花である」、「花粉が大きく、ルーペで容易に観察できる」、「花が大きい」、「翌日開花するつぼみの識別が容易である」、「人工授粉の方法が確立している」といった特徴があるため、花の構造や受粉と結実の関係を調べる実験や観察に適した材料だと言えるが、9月末まで実験が行える品種を探す必要がある。今後、遅咲きの品種のアサガオやを他の植物を用いて実験を行い、受粉と結実の教材に適したものを探す必要があると我々は考えている。

引用文献

- 1) 文部科学省 2008. 小学校学習指導要領解説 理科編
- 2) 渥美 茂明, 笠原 恵 2007. 受粉と結実の観察教材「カボチャ」に替わる教材の提案
—雄生不稔植物の教材化— 兵庫教育大学教科教育学会紀要 20, 9-16.
- 3) 前田 紗綾香, 西野 秀昭 2010. ファストプランツの小学校・中学校でのマルチ教材としての活用性に関する研究 科学教育研究 34, 2-12.
- 4) 有馬ほか43名 2008. たのしい理科5年-1 大日本図書

The Basic Study on Experimental Materials of "Pollination and Fructification" (1) : The Verification of the Experiments with *Ipomoea nil*

Yoshihiro IZUMI Sayaka TANAKA Emi AKAHOSHI

Abstract

To find plant materials which are suitable for the experiment of "pollination and fructification", we carried out the verification of the experiments with *Ipomoea nil*. The fructification rate of *I. nil* which pollinated in mid-September was approximately 60%. However, because the number of flower buds markedly decreased, we could not conduct the experiments in late September. In elementary schools, classes on "pollination and fructification" are conducted in late September. In this study, It was found that it is necessary to find plant materials that have a high fructification rate in late September.