

ファストプランツの小学校・中学校マルチ教材化

○前田 紗綾香^A, 西野 秀昭^B

MAEDA Sayaka, NISHINO Hideaki
福岡教育大学大学院^A, 福岡教育大学^B

【キーワード】ファストプランツ, マルチ活用, 観察・実験, でんぷん, 花粉管, 遺伝

1. はじめに

理科は、自然の事物・現象の観察・実験を通して科学的見方や考え方を深める教科である。しかし、多くの小学校教師が観察・実験の実施に困難を感じている¹⁾。生物分野の植物を使った観察・実験でも、様々な問題が挙げられている。例えば、小・中学校の教員、教育実習生を対象としたアンケート調査結果²⁾によると、「生物教材の利用においてどのような苦労があるか」という問いに対して、「栽培が難しい」、「教科書通りの適切な教材を入手できない」、「植物の成長状況と授業の進行状況があわない」、「実験結果が出るまでに時間がかかる」など回答されている。そこで、本研究ではこれらの問題を解決するために、生活環が短く、様々な実験に応用の可能性が考えられる「ファストプランツ」を取り上げた。これまでの米国におけるファストプランツを使った観察・実験を踏まえ、「生物教材バンク」²⁾で収集した情報を生かし、日本の教育現場で実際に活用できるように情報を整理することを目的に、ファストプランツの特性を活かした小・中学校における観察・実験の工夫や提案を行った。

2. 研究方法

「ファストプランツ (Fast Plants)」は、アブラナ科植物 (*Brassica rapa*) の一変種である³⁾。当初、アブラナ科植物の遺伝を研究するためのモデル植物として株化され、生活環が35~45日と短く、植物体が小さいので教室内での取り扱いが容易である。栽培では、24時間照射、18℃~23℃の温度管理が必要であるが、室温で十分に生育させることが可能である。4月に種子を播いたファストプランツは温度管理を行わず栽培した。

まず、小・中学校で行われている植物を用いた観察・実験のリストアップを行った (Table 1)。本研究では、リスト中で「発芽の条件実験」、「受粉・

結実の実験」、「葉のデンプンを調べる実験」、「花卉、茎、葉の維管束の観察」、「花粉管の伸長実験」、「遺伝」を取り上げた。ファストプランツの特性を活かした観察・実験について、主に「生物教材バンク」での実験方法を適用できるか検証するとともに、実験条件の検討も行った。

Table 1 小学校・中学校で行われる生物領域の観察・実験

学年	内容	観察・実験
小3	植物の育ち方	植物の生活環の観察
小5	植物の発芽, 成長, 受粉・結実	発芽の条件実験
		成長の条件実験
		花のつくり, 雄しべ, 雌しべのつくり, 花粉の観察
小6	生き物と養分	受粉, 結実の実験
中1	植物の生活と種類	葉のデンプンを調べる実験
		光合成と気体に関する実験 (気体検知管)
		花のつくりの観察
		根と葉脈の観察
		蒸散の実験
		維管束の観察
中3	細胞と生物のふえ方	気孔の観察
		光合成のとき, 二酸化炭素が使われることを確認する実験 (石灰水)
		細胞分裂の観察
		花粉管の伸長の観察
		遺伝の実験

(1) 「植物の発芽, 成長, 受粉・結実」 (小5)

① 発芽の条件実験 (いづれも光存在下)

発芽の条件である、水、温度、空気的环境条件を変えて、植物の発芽を観察した。水の条件では、水を与える場合と与えない場合、温度の条件は、常温 (24℃) と冷蔵庫 (5℃) で管理した場合、空気は、

脱酸素剤を入れて酸素を取り除いた場合とそのままの場合とした。

② 受粉・結実の実験

めしべの柱頭に花粉を人為的につけ、さやや胚珠の大きさや色の変化の様子を、受粉していない場合と比較・観察した(ファストプランツは自家不和合性のため、通常、他家受粉が必要である)。

(2) 「葉のデンプンを調べる実験」(小6)

お茶パックを利用した改良型たたき染め法⁴⁾を利用した。日光に当てた葉を煮出し用のポリエチレン製のパックに入れて2~3分間煮て、水分をとり、ろ紙にはさみ、木槌でたたいた。その後お茶パックごと葉を取り去り、ヨウ素液につけ、水にさらし観察を行った。

(3) 「花卉、茎、葉の維管束の観察」(中1)

道管を観察する前日に、食紅またはメチレンブルーで着色した色水にファストプランツを切り花にして浸しておき、茎や葉、花卉を染めた。

① 花卉

花卉を一枚スライドガラスにのせ、カバーガラスをかける。プレパラートをろ紙で覆い、その上から親指の腹で均等におしつぶし、顕微鏡で観察した。

② 茎

茎の断面にかみそりの刃を水平にあて、手前に少し引くようにして切片をつくる。そして水をはったペトリ皿に切り取った横断切片を浮かし、できるだけ薄い切片を用いてプレパラートをつくった。

③ 葉

木工用ボンドを用いるスンプ法⁵⁾により、維管束を観察した。

(4) 「花粉管の伸長実験」(中3)

スクロース溶液と塩溶液 1:3 の割合⁶⁾の水溶液をフィルムケースのふたに作成し、一滴スライドガラスに落とした。雄しべの葯ごと水溶液につけ、花粉を採取した。その後、プレパラートを反転し、フィルムケースのふたの上におき、継続して、顕微鏡で観察した。

(5) 「遺伝」(中3)

遺伝の教材として、茎の色が緑色になる non-purple stem (*anl/anl*) を P_1 、紫色になる purple stem (*ANL/ANL*) を P_2 とした。non-purple stem が劣性で、purple stem が優性である。 P_1 と P_2 を受粉させ、第2世代である F_1 (*ANL/anl*) の表現型の割合を調べた。さらに、*ANL/anl* × *ANL/anl*、*ANL/anl* ×

anl/anl とそれぞれ交配させ、第3世代の F_2 の表現型の割合を調べた。

3. 結果

(1) 「植物の発芽、成長、受粉・結実」(小5)

① 発芽の条件実験

ポジティブな条件下では、種子を播いてから24時間後に芽が現れた (Table 2)。

Table 2 発芽率

1日目	あり	なし
水	46%	0%
温度	36%	0%
空気	30%	0%

② 受粉、結実の実験

受粉させた子房では、さやが成長し種子がとれ、受粉させなかった子房では、さやが成長せず種子もとれなかった。受粉後3日目から、さやが成長している様子が観



Fig. 1 受粉させた胚珠(×20)

察できた。Fig. 1は受粉後8日目。約25日後にはさやの中の種子を採取できた。

(2) 「葉のデンプンを調べる実験」(小6)

光を照射させた葉で、ヨウ素デンプン反応である青紫色が検出された (Fig. 2)。たたき染め後、漂白剤で脱色させてからヨウ素液をかけた。

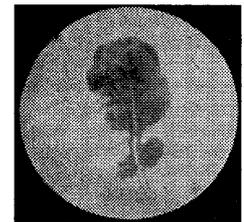


Fig. 2 ヨウ素デンプン反応

(3) 「花卉、茎、葉の維管束の観察」(中1)

① 花卉

らせん状の道管が観察できた (Fig. 3)。肉眼で見ても、花に筋状に広がった色水(食紅の水溶液)を観察できた。

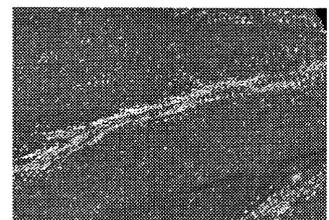


Fig. 3 花卉の様子(×60)

② 茎

色水(メチレンブルー溶液)に染まった道管とその外側にある師管を観察することができた (Fig. 4)。

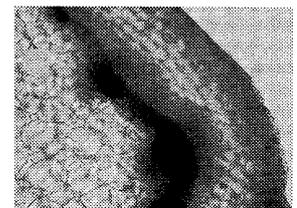


Fig. 4 茎の維管束(×100)

③ 葉

スンプ法を用いて、葉の維管束を観察することができた。倍率を高くすると、気孔も観察することができた。

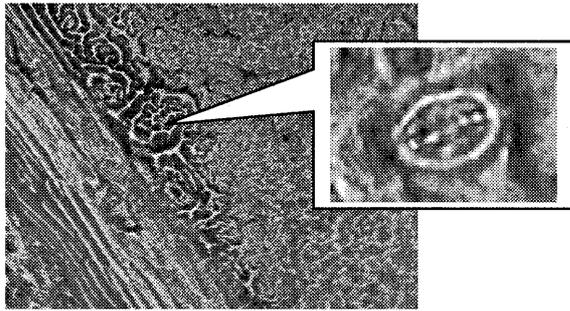


Fig. 5 葉の様子(×60)

(4) 「花粉管の伸長実験」(中3)

30分後から、花粉から花粉管が伸びている様子が見られる(Fig. 6)。

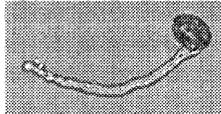


Fig. 6 花粉管の伸長の様子(2時間後, ×200)

(5) 「遺伝」(中3)

F₁は、purple stem: non-purple stemは、おおよそ1:0で、*ANL/anl*という予想される遺伝子型と一致した表現型になった。F₁どうしの交配 *ANL/anl* × *ANL/anl*によるF₂は、purple stem: non-purple stem = 3.4:1.0となった。検定交配にあたる *ANL/anl* × *anl/anl*では、purple stem: non-purple stem = 1.1:1.0となった。

Table 3 表現型の割合 (植物の個体数)

	F1	F2	
	<i>ANL/anl</i>	<i>ANL/anl</i> × <i>ANL/anl</i>	<i>ANL/anl</i> × <i>anl/anl</i>
purple stem	26	51	39
non-purple stem	1	15	37

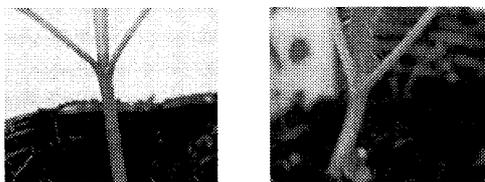


Fig. 7 Purple stem (左図: 紫色の胚軸), non-purple stem (右図: 緑色の胚軸)の胚軸の色

4. 考察

(1) 「植物の発芽, 成長, 受粉・結実」(小5)

① 発芽の条件実験

播種後1日目には実験結果を得た。遅くても播種後4日目にはポジティブな条件でほとんどの種子が発芽した。発芽条件の実験で一般的に使われ

るインゲン³⁾では、発芽に4日~8日かかる。児童に持続した観察意欲を持たせる点で、ファストプランツは結果を得るまでに時間がかからないため、有効な植物教材と考えられる。

本実験では、植物の発芽に必要な酸素を取り除くため、脱酸素剤を使用した。通常、種子を水の中に沈めて空気を遮断するが、ファストプランツの種子は浮かんでしまう。脱脂綿に絡ませて水の中に沈めても、脱脂綿から十分に空気が抜けていないこともあり、発芽してしまうことで空気の必要性を関連させることができなかった。そこで、脱酸素剤を使用した。脱酸素剤は、封入されたビニール袋の中を数分で無酸素状態に出来る。24時間後、酸素ありの条件では発芽を行うが、脱酸素剤存在下では発芽は起こらなかった。しかし48時間だと酸素がなくても発芽してしまうので、実験は24時間で終わる必要がある。また、脱酸素剤より手に入れやすい使い捨てカイロを代用しても同じ結果だった。

② 受粉・結実実験

比較的短い日数で、受粉させたさやが大きくなっていくことから、結実の観察・実験に適していると考えられる。受粉後すぐの「さや」、胚珠が数個見えるようになった「さや」、ほぼ成熟した「さや」の中身を受粉後、継続して観察することで、胚形成の理解をさらに深めることができる。

ファストプランツは自家不和合性のため、他家受粉を行わなければならない。このことから、受粉における昆虫や風の働きを考察できるものと考えられる。

(2) 「葉のデンプンを調べる実験」(小6)

改良型たき染め法⁴⁾では、お茶パックを使いお湯で煮る。このことにより、葉が柔らかくなり、デンプンがろ紙へと付着しやすくなったと考えられる。蛍光灯の光では、ヨウ素デンプン反応はほとんど観察できないが、窓越しでも日光を当てることで、デンプンを検出しやすくなることが分かった。また、家庭用漂白剤を用いて脱色させると青紫色が鮮やかに検出できることも確認された。実験のコツとして、葉を煮た後、水で洗うことによって、ヨウ素でんぷん反応が出やすくなった。

(3) 「花卉, 茎, 葉の維管束の観察」(中1)

ファストプランツの花弁は、観察するのに適度な厚さのため、色水に染色することで、肉眼で水の通り道である道管を観察することができる。これにより、植物の体中を導管がはりめぐって、水

分を隅々まで行きわたらせていることを実感できる。茎の切片を作る際は、胚軸ではなく、適度な堅さである茎の部分切片にするのがコツである。

(4) 「花粉管の伸長実験」(中3)

花粉管の伸長実験では、湿度と温度、光、水溶液の成分に左右された。本実験では、温度条件を21℃、24℃、27℃、30℃と変えて実験を行った。24℃、27℃、30℃において花粉管の伸長がみられたが、21℃になると花粉管の伸長が全く見られなかったため、ある程度、実験室の温度を保たなければならないことが判明した。

(5) 「遺伝」(中3)

遺伝の観察・実験では、これまで、メダカなどが活用されていたが、 F_1 や F_2 まで観察・実験を行うには時間がかかり過ぎるため、実施が困難であった。そこで、ファストプランツで分離の法則まで確認できる実験を試みた。

受粉から F_1 の表現型を確認できる(播種後3日目)まで約25日であった。しかし、発芽してから purple stem (紫色)の色素であるアントシアニンの分泌が安定するまでに時間がかかる場合



Fig. 8 形質の判断が難しい例

があるので、播種後10日目まで観察を継続することが必要であった。また、緑色(non-purple stem)と紫色になる胚軸が明確に判断できない胚軸もあった。これは、エンドウマメを使って遺伝の実験(例えば、豆の丸とシワ)を行ったメンデルも苦悩したところ(丸とシワが明確でない場合もあった)で、表現型では、優性形質(紫色)と劣性形質(緑色)の明確な境目の判断が難しい。本実験では、少し紫の胚軸でも、子葉やその他の茎などを観察し、全体的な様子を見て優性形質か劣性形質か判断した(Fig. 8)。Fig. 8では、全体をみると緑色の割合が多い。逆に、胚軸は緑色が多いけれど、子葉などが紫の場合もあった。このように、境界を判断することが、遺伝の実験では重要になってくると考えられた。また、ファストプランツは突然変異を起こしやすい植物なのか、花卉が黄色ではなく、白いものも現われた。これを不都合と考えず、突然変異が起こったとき、変異から生物の「進化」を考える材料として活用する道もあるのではないかと考える。

5. 結論

ファストプランツは、生活環が一ヶ月半ほどで、植物の一生を観察する上で教材として有効であると言える。成長が早く、観察・実験の結果を従来より早く得ることができる。例えば、小学校5年生の「植物の発芽、成長、受粉・結実」では、インゲンを使った授業では、成長をみながら、別の単元を挟んで実験が行われている。しかしファストプランツでは、継続して約1ヶ月半で授業の単元を終えることができる。授業効率がよくなるということは、児童・生徒は継続して意欲をもって学習できるとともに、観察・実験実施の教師負担も軽減されると考えられる。また、維管束の観察や花粉管の伸長など様々な観察・実験で教材として採り上げることが可能である。即ち、一つの教材でありながら、温度管理が難しい教育現場でも栽培可能で、観察・実験のマルチ教材として活用できるメリットが考えられた。

6. 今後の課題

本研究でも、観察・実験によっては困難なものもあった。これらを改善してゆくとともに、未実施の観察・実験への活用方法を検討してゆく。そして、それらの観察・実験を、教育現場で活用できるよう更なる具体化・普遍化を検討し、小学校・中学校の教師に向けた情報の提供を行っていききたい。

7. 文献

- 1) 平田昭雄・福地照輝・下条隆嗣:「小学校教師の理科学習指導に関する資質の実態」, 科学教育研究 Vol. 19 No. 1, p. 55 (1995)
- 2) 西野秀昭・前田紗綾香・前田美穂:「生物教材バンクと教育実習生による実践的理科授業構成への援助基盤の確立」, 科学教育研究 Vol. 33 No. 2 (2009年6月発行予定)
- 3) 佐藤茂・石澤公明・吉岡俊人訳:「ファストプランツで学ぶ植物の世界日本語版テキスト」, In The Woods Group, 小林孝太郎, p. 1, p. 86 (2006)
- 4) 福島恵美子・正元和盛:「でんぷん検出のたつき染め法と糖の検出方法」, 理科の教育, Vol. 56 (No. 622) p. 62-65 2007年9月
- 5) 遠藤純夫ほか46名:「教師用指導書 中学校理科2分野上」, 大日本図書, p. 312, (2006)
- 6) 横尾恵理・森本弘一:「小・中学校における植物教材としてのFastPlantsの実用化」, 日本生物教育学会第82回全国大会予稿集, p. 45 (2007)