

機関番号：11302

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500743

研究課題名 (和文) ファストプランツを生物教材とした初等から高等教育までの教育プログラムの新展開

研究課題名 (英文) A new development in learning programs with Fast Plants for biological education in elementary, junior high and high school

研究代表者

石澤 公明 (Ishizawa Kimiharu)

宮城教育大学・教育学部・教授

研究者番号：10125495

研究成果の概要 (和文) : 我が国の小学校から高等学校での生物教育において、ファストプランツを活用した学習プログラムの開発を目的に研究した。その結果、植物の成長に関する学習では、光合成と成長の関係、成長に必要な水と肥料及び土の役割、また受粉と受精に関する学習においては、送粉者としてのチョウチョの役割、他家と自家受粉、柱頭での花粉の発芽と花粉管の伸長の意味を学ぶ学習プログラムを、各学校段階に合わせて実施するために必要となる基礎的データを収集することができた。これらの課題は、今まで学校現場で取り上げることが困難であった実験観察であった。ファストプランツを活用することで実施できる可能性を切り開くことができた。

研究成果の概要 (英文) : The purpose of this study is to develop learning programs with Fast Plants as a experimental material for biological education in elementary, junior high and high school in Japan. In this study we have obtained data necessary to development of new programs learning for roles of water, photosynthesis, fertilization and soil in plant growth, a role of butterfly in pollination, the difference between self- and cross-pollination, pollen germination on a stigma and elongation of a pollen tube in stamen tissues. It had been difficult to introduce these learning programs in school because of a lack of suitable experimental materials. We proposed that Fast Plants is a useful experimental material.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：植物生理学，生物教育

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，科学教育

キーワード：ファストプランツ、植物栄養、植物の成長、有性生殖、水耕栽培、花粉管、光合成、蒸散

1. 研究開始当初の背景

ファストプランツとは、米国ウイソコンシン大学マジソン校の Paul Williams 教授により、アブラナ科栽培種の研究用のモデル植物として、*Brassica rapa* から選抜されたものである (BioScience 42:188-191, 1992; J. Res. Sci. Teach 35:73-88, 1998)。この植物の最大の特徴は、生活環が極めて短く（は種後 40 日で種子を収穫できる）、小型で栽培が容易なことにある。わが国においても、1990 年代初頭からファストプランツの教材化に向けた研究が試みられてきた。しかし、未だに学校現場での使用例は限定されている。この中で、石澤らは Williams 教授らによりファストプランツのマニュアル本 (Spiraling Through Life with Fast Plants) を翻訳し、2006 年「ファストプランツで学ぶ植物の世界」として出版した。その後の取り組みの中で、ファストプランツを教育現場に普及するためには、わが国の学校教育で実施されている学習内容に適合した、魅力ある学習プログラムを独自に開発する必要性を考えるに至った。

2. 研究の目的

本研究の計画段階では、ファストプランツ (アブラナ科の早生、矮性半固定種) を生物教材として使用することで、次の 5 つの課題について、学習プログラムを開発することを目的とした。1) 植物はどのようにして発育・成長するか、2) 植物は外界の刺激に対してどのように反応するか、3) 植物はどのようにして次世代をつくるか、4) 生物の種類とは何か、5) 生物の多様性とは何かである。これらの課題において、ファストプランツの生活環が極めて短く、室内で容易に生育することを最大限に活かすことが最も重要なこととなった。5 つの課題のより具体的テーマとして、植物の栄養素を調べるテーマ (植物栄養)、植物の生育に対する環境要因を調べるテーマ (環境応答)、突然変異体を使った成長現象を調べるテーマ (突然変異)、受粉から胚形成にいたる過程を学ぶテーマ (有性生殖)、小学生にも身近なアブラナ科に属する多くの野菜とファストプランツを比較するとともに、それらアブラナ科植物間の雑種形成とその生理・生態学的検証に関するテーマ (多様性) を設定した。これらの何れの学習課題も、小学校から大学までの教育課程のプログラムに新しい展開をもたらすことが期待され、そのことはファストプランツを利用することで、初めて可能になるものであると考えに至った。

3. 研究の方法

1) 水耕栽培システムを用いた植物栄養

ファストプランツの生育に必要な栄養素を調べるために水耕栽培システムを使用して、特に、窒素、カリウム、リン等の欠乏症を解析する。

2) 光合成活性と植物の生育

ファストプランツの生育速度は著しく光に依存する。この生育の光に対する依存性が、光合成活性 (炭酸ガス吸収速度) と密接に関係することを明らかにし、ファストプランツを使った光合成学習プログラムの作成を試みる。

3) 環境ストレスと生理現象

ファストプランツが光や乾燥などの刺激変化を受けたときに現れる生理現象の観察と、そこに介在する植物ホルモンとの関連を解析する。

4) 突然変異体の分離

ファストプランツの種子を多量に生産し、これに突然変異誘発剤 (ethylmethane sulfonate, ES) を処理することで、植物ホルモン応答に関連する突然変異体の作出を試みる。

5) アブラナ科の雑種形成

ファストプランツの野外逸出と遺伝子拡散の可能性を検討するため、ファストプランツの野外での生存率を調査する。

6) 受粉と受精

柱頭に付着した花粉が発芽し、柱頭組織内を伸長して胚珠に辿り着くことを実際観察できるプレパレードの作成法を開発する。また、ファストプランツが自家不和合性を持つことを利用して、受粉と受精の違いを学ぶプログラムを作成する。

7) チョウチョを使った受粉

小学校の生活及び理科で動植物を飼育することは大変重要な学習内容になっている。そこで、ファストプランツの飼育を行うなかで、チョウチョを同時に飼育する方法を確立する。

4. 研究成果

1) 植物栄養

水耕栽培システムを確立した。窒素、カリウム、リンの欠乏症が極めて簡単に、しかも容易に観察できることを明らかにした。また、小学生向けに、植物の発育における肥料とは何か、水や土とはどのような役割をしているのかを考えるプログラムを作成した。これらの研究成果は、平成 22 年度の宮城教育大学紀要に報告した。

2) 光合成

ファストプランツの生育速度は著しく光環境に依存する。光強度と光合成活性 (炭酸ガス吸収速度) の依存曲線と、光強度と成長の

依存曲線から、光補償点と成長の関係を学ぶ学習プログラムの作成を可能にした。

3) 環境ストレス

ファストプランツの蒸散が光によって調節されていること、冠水条件下で上偏成長を起し、これにエチレンが関係していること、暗所に置かれた芽生えの成長で、エチレンの三重反応が見られることなどを観察し、その基礎的なデータを得た。

4) 突然変異体

ファストプランツ種子のES処理により、エチレン非感受性突然変異体の分離を、暗所での胚軸伸長量を目安としてスクリーニングすることを試みた。幾つかの候補を分離したが、最終的に突然変異体を作成するまでには至らなかった。

5) アブラナ科の雑種形成

ファストプランツの野外栽培実験から、ファストプランツ種子が野外に散布された場合、1世代目は開花結実し種生産にいたるが、2世代以上にわたって個体群を維持する可能性は低いことが分かった。しかし、1世代目の個体に近接して開花期が重なる *Brassica rapa* 植物が生育している場合、その植物に花粉が運ばれて浸透交雑するリスクがあると考えられる。

6) 受粉と受精

蛍光色素であるアニリンブルーで染色して、蛍光顕微鏡で観察することで、柱頭上で発芽した花粉、雌蕊の組織内で伸長した花粉管とそれが胚珠に達していることをはっきりと確認することが出来た。更に、コットンブルーで染色して、普通顕微鏡でも観察できることを確認した。また、自家不和合性により自殖では種子形成が著しく悪くなることを確認することで、受粉と受精の違いを認識出来る実験を組み立てることが可能となった。

7) チョウチョを使った受粉

野外から採集したモンシロチョウの受精卵を飼育し、蛹から孵った成虫をファストプランツの花で飼育し、受粉と産卵を行わせる方法を開発した。今後の課題は、ファストプランツに産卵された卵から成虫に戻すこと、また、受粉したファストプランツから種子を取り、これを栽培することである。

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2件)

①石澤公明、熊坂知世、佐藤絵美、安達真、ファストプランツの水耕栽培を用いた植物栄養解析システムとその教材化、宮城教育大学紀要、査読無、45巻、2010、39-51

②石澤 公明、知識 麻友子、組換え GFP (緑色蛍光タンパク質)を用いたタンパク質の学習プログラムの開発、宮城教育大学紀要、査読無、44巻、2009、39-52

[学会発表] (計2件)

①熊坂知世、安達真、石澤公明、ファストプランツの水耕栽培による植物栄養解析システムの開発、日本植物学会第73回大会、山形大学、山形、2010年9月19日

②石澤 公明、ファストプランツを用いた教材開発の試み—受粉・受精、光合成と成長、植物栄養と成長—、日本生物教育学会第88回全国大会、東北工業大学、仙台、2010年1月10日

[図書] (計2件)

①石澤公明、養賢堂、坂上潤一、中園幹生、島村聡、伊藤治、編、湿地環境と作物—環境と調和した作物生産をめざして—、2010、264

②石澤公明、大学教育出版、長谷川宏司・広瀬克利編博士教えてください 植物の不思議、2009、203

[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：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

<http://plants.miyakyo-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石澤 公明 (Ishizawa Kimiharu)
宮城教育大学・教育学部・教授
研究者番号： 1 0 1 2 5 4 9 5

(2) 研究分担者

佐藤 茂 (Satoh Shigeru)
京都府立大学・農学研究科・教授
研究者番号： 4 0 1 0 8 4 2 8

(3) 研究分担者

吉岡 俊人 (Yoshioka Toshihito)
福井県立大学・生物資源学部・准教授
研究者番号： 1 0 2 4 0 2 4 3