

トーク&ディスカッション(13)

「花粉管の観察～その魅力と教材化の可能性～」 実施報告

開催日 2023年6月17日(土)13:30～17:00

会場 名古屋市立向陽高等学校

話題提供者 伊藤政夫さん(名古屋市立向陽高等学校 教諭)

参加者 話題提供者含めて21名

I 内容紹介 (Volvox ML への伊藤さんの報告記事を一部改変)

① ブライダルベールの花粉発芽と花粉管伸長を観察する

ブライダルベールの花粉の発芽や花粉管の伸長が、0, 5, 10, 15, 20%スクロースを含む寒天培地でどのように異なるかというテーマで行いました。ブライダルベールの花粉はハウセンカやインパチェンスなどと同様に培地に置いて5分くらいで発芽が始まります。一度に多くの花を得ることができ、25分くらいで結果が得られるので、扱いやすい優れた材料だと思います。

実験結果は、10～15%くらいが発芽・伸長に適しており、濃度が低いと花粉管の破裂、高いと花粉管の伸長抑制が見られました。

培地のスクロースは、花粉の発芽と花粉管の伸長に適した浸透圧を提供するだけでなく、花粉管内に取り込まれて利用されている可能性があります。それらを調べるにはどんな方法があるかを考えるという展開でした。

1 種類の違う糖で実験する。

→ マンニトール、ソルビトールなど代謝されにくい糖を用いると、グラフは山型にならず、右上がり(高い濃度ほど抑制がみられる)になります。単糖のグルコースより二糖のスクロースの方が、花粉管の伸びが良いという結果がツバキの花粉で得られています。

2 花粉管が伸長した後の寒天に含まれる還元糖を調べる。スクロース(非還元糖)が分解されて生じるグルコースとフルクトースは還元糖です。ベネジクト反応で分解産物の還元糖を検出できます。

→ ツバキについての結果では、花粉管が良く伸びた培地には明らかに還元糖が多く存在しています。これについて、本当に花粉管は細胞外に酵素を分泌してスクロースを分解し、分解産物を吸収しているのか?という疑問が出されました。

3 培地上で伸長している花粉管に、いろいろな濃度のスクロース溶液を滴下して、破裂の有無を調べて花粉管内の浸透圧について情報を得る。

→ ツバキの場合、培地よりも5%低い濃度の液では破裂が起きました。花粉管が伸張するには、培地から水を吸収して膨圧を高める必要があることから、花粉管は培地よりも高い浸透圧にする調節を行っていることがわかります。そもそも0%から20%の間で、いずれも花粉が発芽するということが、浸透圧調整能力の高さを示していると思います。

さてどうやって花粉管内の浸透圧をあげているのでしょうか?

② トレニアの胚のうの観察

東山哲也先生の花粉管誘引の研究で有名なトレニアは、胚のうが胚珠から飛び出して一部むき出しになっていることから、卵細胞や助細胞を比較的簡単に観察することができます。ポイントは、0.12モルの等張液（ソルビトールを使いました）中で、子房を開いて中から胚珠を取り出すことです。卵細胞や助細胞はこわれやすいですが、たっぷりの等張液の中で取り出せば、まず見えると思います。卵細胞や助細胞を自分の目で見る体験は、とても貴重だと思います。

③ ユリの花粉管誘引

最初に、6年間の生徒による課題研究が紹介されました。その課題研究では、前半3年間は雌しべの上部（柱頭および花柱上部）について、後半3年間は胚珠について、花粉管の誘引現象を調べています。

花粉は柱頭表面で発芽して、花粉管は柱頭に含まれる誘引物質によって柱頭内部の空洞へ導かれ、そこから花柱内の中空部へ伸長します。これまでに柱頭に含まれる誘引物質が報告されていますが、伊藤さんと生徒たちは花柱上部には別の誘引物質が含まれていると考えています。

子房内の胚珠は、6列で270個程度並んでいます。これらのほとんどに花粉管が行きわたり、受精するしくみはまだ解明されておらず、とても興味深いものです。

今回の実験では、事前に受粉させておいた雌しべを、花柱を2分割、子房を3分割してアニリンブルー染色を行い、伸びている花粉管を観察しました。束になって伸びている花粉管を見ると、ユリの大きな花で柱頭についた花粉から10cm以上も花粉管が伸びていくことが実感できます。また並んでいる胚珠と並行して束になって進む花粉管から、数本の花粉管が各々の胚珠に向かって直角に曲がって伸びている様子から、どんなしくみがあるのだろうかという疑問がわいてきます。課題研究の成果を元にしたこの生徒実験の内容は、東レ理科教育賞の佳作を受賞したので、各学校に配布される作品集に掲載予定です。

II 参加申込時の質問に対する話題提供者のコメント

Q1：教材化をどのようにするか、とても興味があります。よろしくお願いします。

A1：ブライダルベールの実験のように、スクロース濃度の異なる培地での伸長を比較して、マンニトールなど異なる糖の結果も示して、ここから何が考えられるかという議論をするのは有意義ではないでしょうか？

またトレニアの実験では、数研出版の教科書で中道さんが書かれているように、柱頭に花粉をつけた後、めしべを切って培養液に浸しておく、数時間後に切り口から花粉管が出てくるので、どれくらいの速さで伸長するか、その速度と寒天培地上の伸長速度を比較して、どんなことが考えられるかという展開もできると思います。

Q2：生物の課題研究を指導していて、テーマ設定に困っている生徒への声掛けに困る場面があります。また、学校で研究しきれない高度な内容になった時、大学などの研究機関へ協力を仰ぐには個人的にアポを取るのでしょうか。それともコネクションなのでしょうか……。成分分析は学校では困難で、コネクションもないし、お金もないし……でも、SSHの他の学

校の研究発表を見ていると、大学と連携して研究しているところが増えているので、皆さんどうやっているのか気になります。

若輩者で、部活の指導はしていますが経験が浅いので、皆さんの情報が聞きたいです。

A2：テーマ設定は、私もよく困っています。生徒の興味を中心に進めて欲しいのですが、先が見えないと思うときには、面白くなるかもしれないアイデアをあれこれ出して、袋小路に陥らないようにアドバイスしています。ただ、次にどうしたらいいですか？という質問をしてくる状況にはならないように注意しています。

私個人は、課題研究を進めていくときにある程度の結果が得られるまでは、専門家の先生方に相談しないようにしています。できるだけ、高校の実験室でできる範囲の内容で勝負したいと思っています。高度な分析器械を使わないと結果が得られない研究ももちろんありますが、高校生が自分たちの頭で仮説を立てて検証する実験を考えて、実際に行って検証していくプロセス自体に意味があると考えています。その上で、この結果について、意見を伺いたいとか、ここで電子顕微鏡の写真が撮りたいとか、感度の高い蛍光顕微鏡で見たいとなったら、知り合いの研究者の方に相談してアドバイスをいただきます。いろんな講演会や実験の会に参加して情報を得たり、時には思い切ってダメもとでメールを送ったりしています。

高大連携については、他にもいろいろな考え方があるとおもいます。経験のある方のご意見をいただければ幸いです。



Ⅲ 実施後のアンケート結果

参加者は話題提供者を除き 20 名、事後アンケートへの回答者は 15 名。参加者中 4 名は、顧問の引率の元に参加した中学生であった。

1. 回答者の年代

30 歳未満 (6) 30 代 (2) 40 代 (2) 50 代 (3) 60 歳以上 (2)

2. 今回の催しをどのようにして知りましたか。

メーリングリスト (6) 主催者からの直接の案内 (6) 部活の顧問から (4)

3. 今回のテーマについて

とても興味深かった (13) やや興味深かった (2)

4. 内容の難易度

とても難しかった (2) やや難しかった (8 内 1 名：内容について)

ふつう (5) 実験はとても易しかった (1)

5. ご感想・ご意見などがあれば自由にお書きください。(一部抜粋・感謝の言葉などは略)

* 実習のある研修会はやはり良いですね！学んだことを地元の先生方にも伝えられるようにしたいと思います。

* 非常に勉強になりました。花粉管の授業で実践してみたいと思います。

* 疑問が次から次へと湧いてくるような内容で大変興味深かったです。学校に戻ったら、また実践してみたいと思います。

* とても興味深く考えることができました。思考の順序や視点を教えてくれたので、何が明らかになっていないのかを一緒に考えることができるような組み立てになっていると感じました。課題研究の指導の一つのあり方を学ぶことができたと感じました。実験一つ一つも取り組みやすいものでありながら新たな発見のあるものでした。背伸びせず高校レベルの内容の組み合わせによって緻密で論理的なものが達成できるということを改めて感じた時間でした。これから自分も頑張ろうと思います。

* 花粉管伸長の実験自体は大変楽しく、勉強になりました。

研究で困ったことや障害があったとき、伊藤先生はどのように生徒に声をかけたのでしょうか。逆に、生徒はどんなアイディアで乗り越えたのでしょうか。伊藤先生のようにいろんなアイディアを持っているわけではない、でも探究活動を指導しなければいけない教員はたくさんいて、指導方法に困っています。ノウハウがあれば教えていただく機会が、今後あるととってもありがたいです。

【話題提供者からのコメント】

課題研究を指導する際に気をつけていることは、その研究を行っている生徒たちが、自分の研究として主体性を持って進めていると感じているか否かという点です。「次に何をしたらいいですか？」という質問が出てくる状況をつくらないようにしたいと心がけています。

向陽高校の課題研究は、生徒が計画書をつくって持って来ることから始まります。担当者はそれを見て意見を返したり、生徒たちと話し合いをしたりします。実験を行った後は、得られた結果について、客観的な事実とそこから考えられる可能性について生徒から意見を引き出す形で議論します。その中で、生徒たちの発想にないところを指摘したり、彼らが知らない実験方法について提案したりすることもあります。指導者の役目としては全体を見渡して交通整理をすることだと思っています。その上で、生徒たちに、次の実験の作戦を立ててもらいます。そうしたやりとりの中で、主体的に取り組んでいるという意識を育てているつもりです。もちろん実験のアイデアについては、生徒たちに意見を求めます。その上で、足りない視点があればこちらからも提案します。こうしたやり取りの中から、探究活動のプロセスを学んでくれていると考えています。指導者とは言うものの、自分もどうなるかさっぱりわからない手探り状態なので、立場は生徒と一緒にです。彼らの方が鋭い意見を出してくれることもたくさんあります。

IV 主催者（中道）の感想（Volvox ML への投稿記事より一部修正）

今回、私が一番面白いと思ったのはブライダルベールの実験でした。伊藤さんの報告の中にも、議論のようすの紹介がありますが、参加者があれこれ議論の輪に加わることでできる T&D にふさわしい内容だったと思います。

私がもう一つ、今回の T&D のねらいとして取り上げたかったのは、今年度から始まった学習指導要領『生物』の中で、「花粉管の観察」をどう位置付け、教材化するかということでした。今回は議論する時間はありませんでしたが、教材を、授業の流れの中にどう位置付けるかは常に念頭に置いておくべきことと思っています。

伊藤さんの「いろんな講演会や実験の会に参加して情報を得たり、時には思い切ってダメもとでメールを送ったりしています。」に対するコメント：

メールアドレスを公開されている研究者も多いので、私も T&D の講師依頼など、「ダメもと」でメールを送ることが結構あります(笑)。優れた研究者は、お忙しくても丁寧な対応をしてくださる方が多いというのが私の印象です。東山先生には、東京学芸大学で開催された日本生物教育学会の大会でトレニアの観察の紹介があった折にお目にかかり、「高校教科書や参考書の受精の図は間違っている」とのご指摘を受けたことから、その後、何度かメールのやり取りをしたことがあり、トレニアの教材化についても相談にのっていただくために名古屋大に出かけて、直接、いろいろアドバイスをいただきました。

コロナ禍で盛んになったオンライン講演会は、アフターコロナになってもまだ盛んに行われています。最先端の研究に触れることができるので、積極的にこうした機会を利用するのも良いと思います。T&D で話題提供をお願いしている研究者も、私が講演会に参加して「そのお話を T&D でしてもらいたい」というところから交渉を始めることもあります。