

カラスウリの教材化

正 元 和 盛・松 尾 寛 子*

The Liana *Trichosanthes cucumeroides* Used as a Teaching Material

Kazumori MASAMOTO and Hiroko MATSUO*

(Received May 21, 1990)

The liana plant *T. cucumeroides* was tried to use as a teaching material for the study of 1) detection of starch in leaves, 2) storage of photosynthetic products (in root) and 3) competition for light-harvesting. Among the four methods, which were used in textbooks of elementary school, of the starch-detection in leaves, the pigment-extraction method by warm alcohol seemed to be the most impressive method, due to the green of the extract. For the extraction, methanol was more effective than ethanol. The application of the method to leaves of *T. cucumeroides* gave good results. The all procedures of the detection were accomplished within 7 minutes. The root of it also reacted well with iodide-solution. A plant of *T. cucumeroides* twining round a tree took only the south-east side of the tree (none on the north-west side), showing a good example in competition for light-harvesting. Characteristic shape and color of the flower and fruit of *T. cucumeroides* may also fascinate pupils in elementary school.

Key words : photosynthesis, leaf, light-harvesting, liana (*Trichosanthes cucumeroides*)

1. はじめに

中学校における光合成の学習では, 緑色植物は生物界の「生産者」であることが強調され, 光合成が自然界における物質循環・エネルギーの流れのスタートであることが重視されている. これらの学習の前段階である小学校4年では, 日光の当たった葉にでんぷんができることから植物の育ち方を日光と関係づけてとらえさせる⁽¹⁾という内容の項目があげられている. この項目に対する理解を高めるために, 葉の緑色が重要な意味を持っていることをイメージさせるということに着目し, 葉での同化でんぷん検出法を比較検討した.

また, 身近に見られるカラスウリに目をむけ, おもに, 光合成という点から教材化を試みた.

2. 葉での同化でんぷん検出法の比較

小学4年生の教科書を調べた結果, 葉での同化でんぷん検出には, ジャガイモの葉を用いてヨウ素でんぷん反応をおこなうという方法がとられていることがわかった. 調べた教科書は, 啓林館⁽²⁾教育出版⁽³⁾東京書籍⁽⁴⁾大日本図書⁽⁵⁾学校図書⁽⁶⁾のものである. これら5社の教科書では, 全てヨウ素

* 熊本大学教育学部小学校課程(理科)平成元年度卒業

液を用いているが、それに至るまでの処理法に違いが見られる。それらの違いから、でんぷん検出法を、しぼりだし法、直接法、たたき染め法、熱アルコール抽出法の4つに分けてみた。

以下に、それぞれの検出法の手順を簡単にのべる。

しぼり出し法：東京書籍、学校図書の教科書にみられる方法である。小さく切った葉に少量の水を加えてすりつぶし、ガーゼでこした液を試験管に入れ煮沸する。すると、葉緑体などが固まってくる。凝固したものをこした液にヨウ素を滴下する。

直接法：大日本図書の教科書にみられる方法である。葉を軟らかくするために数分煮て、ヨウ素液に浸す。

たたき染め法：小学校の教科書で扱われていないが、中学校では東京書籍⁽⁷⁾が扱っている。葉を濾紙の間にはさみ、たたき台（ビニル板とアクリル板の間）にセットして、かなづち（または木づち）でたたき、葉のプリントをとる。濾紙から葉の繊維部分を取りのぞく。家庭台所用漂白剤（塩素系）を約10倍に水で希釈し、濾紙を2～3分浸す。色が薄くなったら、水洗いしヨウ素液に浸す。

熱アルコール抽出法：啓林館、教育出版の教科書にみられる方法である。湯であたためたアルコールに葉を入れ、葉緑素を溶かしだし、白くなった葉をヨウ素液に浸す。

ジャガイモの葉を用いて、上述の4方法で同化でんぷんの検出をおこなった。その結果、表1のような特徴があることがわかった。表1より葉の緑色に注目すると、最も印象が強いのは熱アルコール抽出法である。鮮やかな葉緑素の緑色は、子どもたちの視覚に強烈な印象を与えると思われる。葉の緑色と日光と水が欠けることなくそろった時はじめて、植物は自らで栄養分をつくり出すということにまで子どもたちのイメージをふくらませるには、適した実験方法ではないかと考えられる。さらに、この緑色を「葉の緑の素」として位置づけて、理解をはかり、中学校での光合成の学習につなげていければ有効性も高いと考える。

表1. 同化でんぷん検出法の比較

方法	長所	短所
しぼり出し法	<ul style="list-style-type: none"> ・ヨウ素でんぷん反応の青紫色がみられる。 ・かたい葉でもできる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・操作が複雑であるため理解しにくい。 ・全操作に時間がかかる（約15分）。
直接法	<ul style="list-style-type: none"> ・葉の形状でみられる。 ・操作が簡単である（約7分）。 	<ul style="list-style-type: none"> ・明確な青紫色はみられない。
たたき染め法	<ul style="list-style-type: none"> ・操作が簡単である（約10分） ・葉の形状をプリントでき、保存も可能である。 ・糖葉以外ほとんどの葉で可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・たたき台の製作が面倒である。 ・たたき方が充分でないとむらができる。 ・騒音が発生する。
熱アルコール抽出法	<ul style="list-style-type: none"> ・葉の形状でみられる。 ・葉の緑色がぬけるのでヨウ素でんぷん反応がみやすい。 ・抽出した緑色が印象的である。 ・全過程約7分と短い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・アルコールは引火性が高い。 ・毒性がある。（メタノール）

熱アルコール抽出法は、中学校教科書では4社^(7,8,9,10)が取り上げているが、小学4年の教科書では、5社中2社^(2,3)にとどまっている。その理由としてつぎのようなことが考えられる。1) アルコールを使うため操作に危険が伴う。アルコールは引火点が30℃以下であるため、引火しやすい。また、アルコールの蒸気を充満させると爆発のおそれもある。2) メタノールは毒性があるため、誤飲したり目にかかると危険である。以上のような理由が考えられるが、それぞれ、指導者の事前の安全対策や子どもたちへの指導により防ぐことは可能であると考えられる。また、現行指導要領⁽¹⁾では第4学年で扱われている葉でのでんぷん検出は、新指導要領⁽¹¹⁾では、第6学年に移項されている。このため児童の操作技能は高まっているため、安全性はさらに高まると考えられる。

3. 熱アルコール抽出法

2より、熱アルコール抽出法の教材面での有効性は高いと考えた。そこで、葉でのでんぷん検出法として熱アルコール抽出法を用いる場合の基礎条件を調べた。アルコールの比較、および材料としての葉の比較をおこなった。

アルコールの比較として、濃度の異なるメタノール、エタノールを同量ずつ試験管にとり、同サイズに切った葉を試験管の中に入れ、葉が白くなるまでの時間を計測した。100%メタノールのものが、2分と最も短時間で抽出できる。メタノール、エタノールとも70%以下では20分以上かかってしまう。このため45分という限られた授業時間内で行う実験としては、適当ではないと考えられる。また、抽出時間が長くなればなるほど、お湯の温度も下がって、高い抽出率が望めなくなる。よって、アルコールはより濃度の高いものを用いる必要がある。

メタノールとエタノールを比較してみる。メタノールには次の3つの利点がある。1) 短時間で葉緑素を抽出できる。2) 沸点がエタノールより低い(沸点はメタノール64.7℃、エタノール78.3℃)。沸点が低い程、低い温度で葉緑素を抽出できる。3) エタノールに比べ、安価である。500mlではメタノール390円、エタノール900円である。

以上の3点より、これらの実験では100%メタノールを用いることにした。

材料の比較として、図1のような装置を用い、葉をビーカーに入れ、白くなるまでの時間を計測した。また、原液を10分の1希釈したヨウ素液に葉を浸し、葉が反応をおこすまでの時間を計測した。ヨウ素液はKI 2gを30mlの水に溶かし、I₂ 1gをさらに溶かし込んで、溶けた後水で100mlにしたものを原液とした。

結果は表2のとおりである。

表2より、カラスウリ、アサガオ、オンロイバナの葉は抽出時間が短く、ヨウ素でんぷん反応がおこる時間も短い。特にカラスウリ、アサガオの葉は発色が強い。また、アサガオの葉は光に反応しやすく、弱い光でも光合成をおこなうようである。そのため、日光を当てない部分をつくる時はアルミホイルなどが浮いて日光が入ってこないように注意する必要がある。ヒマワリの葉はヨウ素でんぷん反応の色がすぐ消えてしまう。サクラは抽出時間がかかりすぎる。エノコログサは抽出の段階で葉がまるまってしまう、葉緑素が抽出

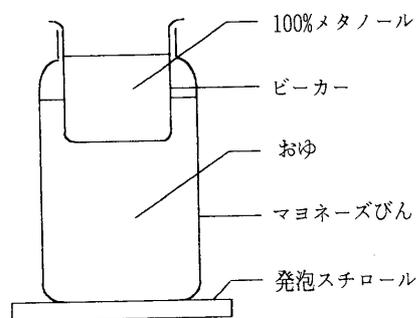


図1 アルコール抽出装置

された部分と残っている部分がある。ヨウ素でんぷん反応もはっきりしない。

以上より、カラスウリ、アサガオ、オシロイバナ、ヒマワリ、サクラ、マツ、エノコログサの葉のなかでは、カラスウリ、アサガオ、オシロイバナの葉が教材として適していると考えられる。

表2. 葉のヨウ素でんぷん反応

材料葉	白化時間 (分)	ヨウ素反応	
		所要時間 (分)	様子
カラスウリ	2	0.5	よい 発色が強い
アサガオ	3	1	よい 発色が強い 弱い光でよい
オシロイバナ	3	2	よい 明暗の区別がわかりやすい
ヒマワリ	5 [@]	4	色のぬけがはやい
サクラ	15 [@]	7	茶色
マツ	30	—	茶色
エノコログサ	30	—	茶色の筋がみられるのみ

@ わずかに緑色が残っていた。

4. カラスウリの教材化

3より、葉緑素の抽出時間が最も短く、ヨウ素でんぷん反応も明確に見られるカラスウリに注目してみる。カラスウリは本州、四国、九州などでよく見られるうり科のつる性草本である。入手しやすいという利点を生かして、陸上植物にとって重要な役割をはたす根、茎、葉について、どのように教材としてとりいれることができるか調べてみた。

i. 葉でのでんぷん検出

カラスウリの葉を用い、熱アルコール抽出法で葉での同化でんぷん検出をおこなった。その結果、葉緑素の抽出時間は2分、ヨウ素でんぷん反応に用いた時間は30秒であり、ヨウ素でんぷん反応も明確に見られる。

次に、日光のよく当たる晴れの日と日光があまり当たらない曇りの日にセットしたカラスウリ葉ではヨウ素でんぷん反応に違いが見られるかどうか、調べた。方法として、晴れた日(9月28日)と曇った日(9月25日)の午後3時に、カラスウリの葉にアルミホイル帯でおおいをし、それぞれ翌日午後2時に葉を採集し、熱アルコール抽出法でヨウ素でんぷん反応をおこなった。

結果は表3のとおりである。

表3. カラスウリ葉のヨウ素でんぷん反応

葉のセット日	翌日の天気	ヨウ素でんぷん反応
晴れた日	曇り	明暗の差は明確
曇った日	晴れ	明暗の差は不明確

曇りの日にセットした葉は、ヨウ素でんぷん反応での日光の有無の差が不明確である。この原因

として、葉とアルミホイル帯の間からの光の侵入、または、数日前につくられたでんぷんが葉にとどまっている、ということが考えられる。晴れた日にセットした葉は、翌日曇りであり日光が当たっていなかったが、明暗の差は明瞭である。さらに、晴れた日にセットした葉のアルミホイル帯は少し浮いていた。これらのことを合わせると次のようなことが考えられる。

1) カラスウリの葉では同化でんぷんの分解速度が遅く、つくられたでんぷんは2～3日は葉にとどまっている。

2) アルミホイルは少し浮いて光が入り込んでいる状態だったが、明暗の境界がはっきりしていることから、カラスウリの葉は光に対する反応が弱い。

以上のことをふまえて、カラスウリの葉を用いる場合は、実験の2～3日前からアルミホイル袋や帯をかぶせ、日光を当てない葉とする準備が必要である。

ii. 根からのでんぷん精製

4-iより、カラスウリの葉からでんぷんが検出された。そこで、カラスウリの根を掘り出し、根の断面にヨウ素液を滴下したところ、青紫色になりヨウ素でんぷん反応が見られた。これより、カラスウリの根にはでんぷんが存在することがわかった。

次に、カラスウリの根からでんぷんを精製した。方法は、おろし器ですりおろしたカラスウリの根を2枚重ねたガーゼで包み、水中ですすぐ。しばらく放置し、沈殿してきたら上澄み液を捨てる。これを数度くりかえし、個体だけを残す。冷蔵庫に保管する。

精製の結果、直径3cm、長さ9cm、重さ55gのカラスウリの根から14gのでんぷんを精製した。0.25gでんぷん/g根(湿重量)とれる。でんぷんは白く、顕微鏡(約650倍)で観察できる。ジャガイモの野菜品種のでんぷん含有率に比べても、カラスウリ根のでんぷん含有率(25%)は低くないと考えられる。

iii. 日光とり

ヒマラヤスギからみついたカラスウリがある。カラスウリの茎は細く、長いつるになっており、巻きひげである。茎は幹をほうようにつたい、ヒマラヤスギの枝からみついて、ついには日光の当たる枝の先端へと伸びる。そして、ヒマラヤスギの葉をおおいかくすようにして、カラスウリの葉が存在する。このヒマラヤスギは図2のような場所に生息している。そのため午前中はヒマラヤスギの東側と南側(a側面)に日光が当たるが、午後は建物の影に入ってしまうので日光はほとんど当たらない。カラスウリは、ヒマラヤスギの東側と南側のみに見られ、西側や北側(b側面)には見られない。このことは、植物どうしの日光との競争を顕著に示している。カラスウリのつるは日光とり競争を見るには絶好のものであり、日光を求めていくことが植物にとって重要なことであることがわかる。

また、光合成のことについて既習の場合は、根で吸収した水や、葉でつくった栄養を運ぶためには茎がないほうがはやい、しかし、植物には長い茎をもったものがあるという矛盾に気づかせ、光合成をしていることから植物をみた場合、茎が栄養器官として重要な役割をしているということに結び付けることが可能では

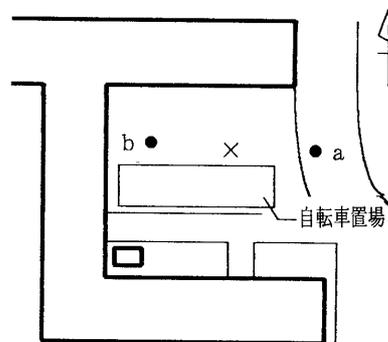


図2 ヒマラヤスギとカラスウリの配置図
×がその地点

ないか、と考えられる。

5. まとめ

葉での同化でんぷん検出法の検討をおこなった。さまざまな実験法があるが、小学4年という発達段階をふまえた上で、それぞれの方法を検討したところの方法にも一長一短あると考えられる。熱アルコール抽出法はアルコールを使用するため安全性の問題があるが、事前の注意などにより、事故は防ぐことができる。この方法の長所は葉の形状で見られる、明確な青紫色がでるなどであるが、最も興味深いのは、抽出した葉緑素の緑色である。この葉緑素が植物界、ひいては生物界のエネルギーの源となっている。これは、中学校で学習することであるが、この前段階の小学校で、「葉の緑の素」として鮮やかな緑色を視覚にうったえることは、子どもたちにとって一種の感動として印象深く心に残ると考えられる。

熱アルコール抽出法を行う場合、アルコールはエタノールよりメタノールの方がよい。その理由として、1) 抽出が短時間ですむ、2) メタノールがエタノールより沸点が低い、3) メタノールがエタノールより安価である、の3点があげられる。また、材料の葉は、カラスウリ、アサガオ、オシロイバナなどがよい。アルコールで葉緑素を抽出するため、若く柔らかい葉が抽出時間が短くてすむ。

カラスウリは身近な植物である。これを教材として見たとき、つる性ということは利点である。つるという特殊な茎を持つために、他の植物をおおいかくすほど茎をのぼし、葉をつけ光合成を行う。これはつる性でない他の植物でも同様に見られることであるが、異なる植物どうしの「日光と競争」では、つる性植物が一目瞭然である。葉と根でのでんぷんも確実に検出できることがわかった。植物の茎、根、葉がどのような役割を担っているのか、光合成を通して理解をはかることができると考えられる。また、花や果実も珍しく、子どもの興味をひきやすいと考えられる。

多年性のつる性草本ということで、ヤブカラシや、栽培種としてはツルレイシ（ニガウリ）もよく見られ、教材として試みられている植物である⁽¹²⁾が、これについても今後同様な教材としての活用性があると考えられる。

引用文献

- (1) 文部省：「小学校指導書理科編」，大日本図書，1978.
- (2) 宇井芳雄 他：「改訂理科4年・上」，啓林館，1983，32-33.
- (3) 和達静夫 他：「改訂小学校理科4上」，教育出版，1983，28-29.
- (4) 近角聡信 他：「新訂新しい理科4上」，東京書籍，1989，56-57.
- (5) 戸田盛和 他：「新訂たのしい理科4年上」，大日本図書，1989，2-33.
- (6) 赤松弥男 他：「小学校理科4年上」，学校図書，1989，47.
- (7) 上田誠也 他：「改訂新しい科学 2分野上」，東京書籍，1984，46-48.
- (8) 池辺展生 他：「改訂理科 2分野上」，啓林館，1984，44-45.
- (9) 和達静夫 他：「改訂中学理科 第2分野上」，教育出版，1984，50-51.
- (10) 戸田盛和 他：「改訂中学校理科 2分野上」，大日本図書，1984，51.
- (11) 文部省：「小学校指導書理科編」，教育出版，1989.
- (12) 前田幹夫 他：植物どうしの関係—小6—，理科教室，1981，24 (290)，65-69.