

筑波大学

朝永振一郎記念

第15回「科学の芽」賞 応募用紙

受付番号 : SJ0025

応募部門 : 中学生部門

応募区分 : 個人応募

題名 : 植物の発根の観察実験PART5 シロツメクサの茎と発根の関係

学校名 : 愛知県豊橋市立二川中学校

学年 : 1年生

代表者名 : 石川 春果

※ 個人情報保護のため、入力された項目から抜粋して出力しています。

植物の発根の観察実験 PART 5

シロツメクサの茎と発根の関係



豊橋市立二川中学校 1年

石川 春果

はじめに

私は小学3年生から植物の発根の観察実験をしている。5年生の実験で花が咲いている時期に発根しにくくなることがわかった。そして6年生の実験で、発根しにくい原因は花にあることがわかり、花にある物体によって発根が阻害されるのではないかとこの仮説がたつた。今年はこの仮説をもとに茎と発根の関係を調べることにした。

これまでの研究

- ・小学3年生の時：4種類の植物（シロツメクサ、ツユクサ、ミニトマト、ローズマリー）の茎を水につけて発根を観察し、節のある植物（シロツメクサ、ツユクサ）は節から発根することがわかった。
- ・小学4年生の時：シロツメクサを使って、温度、光が発根に影響あるのか実験した。その結果、低温の時と光が当たらない時は発根しなかったり、発根しても根が伸びないことがわかった。
- ・小学5年生の時：シロツメクサは季節によって発根に違いがあるのか観察した。その結果、気温の低い季節（1～3月上旬）と花が咲いている時期に発根しにくくなることがわかった。
- ・小学6年生の時：シロツメクサの発根には花の有無が関係していることがわかった。このことから、シロツメクサには発根を阻害する物体Xと、発根を促進する物体Yが存在すると考えられた。



研究の目的

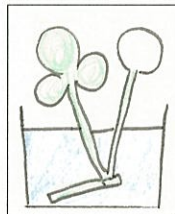
昨年の実験でシロツメクサに存在する物体Xと物体Yが株の成長に関わっていると仮説をたてた。今年はこの仮説を検証し、ただでなく茎と発根の関係を調べてみたい。

※昨年の研究の仮説 物体Xと物体Yの特徴

- | | | | |
|-----|---|-----|---|
| 物体X | <ul style="list-style-type: none"> ・花に存在する ・発根を阻害する ・花から茎へ移動する | 物体Y | <ul style="list-style-type: none"> ・地下茎で作られる ・発根を促進する ・茎から花へ移動する |
|-----|---|-----|---|

観察の方法

- 用意したもの
 - ・シロツメクサの茎
 - ・透明なカップ(または試験管)
 - ・水(水道水を使った)



- 観察の方法
 - ①シロツメクサの茎をはさみで切る
 - ②水を入れたカップ(または試験管)に切った茎を入れる ※切り口が必ず水に浸るようにする
 - ③毎日の発根の様子を観察し記録する



※茎を入れたカップ(または試験管)は直射日光の当たらない明るい場所に置く

実験1

- 目的 昨年実験を行ったとき、節からではなく葉のついた茎から直接発根しているものを見つけた。今まで節からしか発根しないと思っていたので、本当に茎から直接発根するのか確認する。

●実験の方法

- ①葉のついた茎120本(節なし100本、節あり20本)を用意する。⇒節なしは節の上1cm、節ありは節の部分を残して切る。
- ②水を入れたカップに茎を10本ずつ入れ、毎日観察する。⇒No.1～No.10を節なしの茎、No.11、No.12を節ありの茎とする。

- 予想 これまでも節のついていない茎を使って何度か実験を行ったが、発根を観察できたものはほとんどなかった。今回も節のない茎からは直接発根しないと思う。節つきのものは数日ですべて発根すると思う。

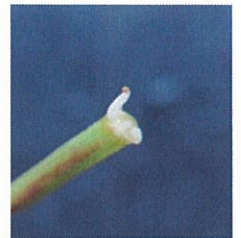
- 結果 18日間観察した結果、右表のようになった。

節のついた茎では実験1日目に節からの発根が観察でき、12日目には20本すべてで発根した。節なしの茎では実験13日目まで発根しなかったが、14日目から発根が始まり、18日目には100本中25本の茎から発根した。



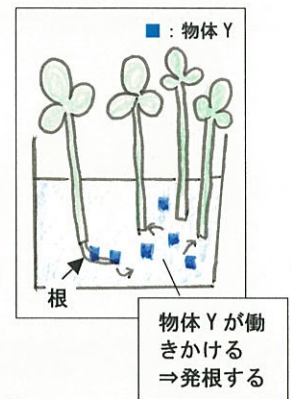
| | | 発根数(本) | | | | | | | | | | | | 平均気温(°C) | |
|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|----------|------|
| | | No.1 | No.2 | No.3 | No.4 | No.5 | No.6 | No.7 | No.8 | No.9 | No.10 | No.11 | No.12 | | |
| 1日目 | 3/14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 8.2 |
| 2日目 | 3/15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 8.1 |
| 3日目 | 3/16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 6.7 |
| 4日目 | 3/17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 7.2 |
| 5日目 | 3/18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 10.5 |
| 6日目 | 3/19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 2 | 13.4 |
| 7日目 | 3/20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 4 | 11.8 |
| 8日目 | 3/21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 4 | 12.3 |
| 9日目 | 3/22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 | 13.3 |
| 10日目 | 3/23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6 | 12.3 |
| 11日目 | 3/24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 8 | 8.9 |
| 12日目 | 3/25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 9 |
| 13日目 | 3/26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 11.6 |
| 14日目 | 3/27 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 14.8 |
| 15日目 | 3/28 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 14.5 |
| 16日目 | 3/29 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 10.5 |
| 17日目 | 3/30 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 10 | 10 | 10.4 | |
| 18日目 | 3/31 | 4 | 3 | 7 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 10 | 10 | 13.5 | |

●**茎の観察** 茎から直接発根する様子を観察すると、茎の断面の茶色い点のような部分が白く盛り上がって根に成長していた(右写真)。茶色の部分について調べると、師管と道管が集まった維管束と呼ばれる組織だとわかった。シロツメクサのような双子葉類の維管束は環状に配列しており、形成層が存在する。形成層は、細胞分裂を盛んに行い根と茎の肥大成長をもたらす組織である。師管や道管など維管束の他の組織はすでに分化した組織であることから、根に変化したのはこの形成層だと考えられる。



●**考察** 実験の結果、シロツメクサの発根は節からだけでなく、葉のついた茎から直接発根することがわかった。しかし、節からの発根が実験1日目から観察できたのに対し、茎から直接の発根は実験14日目に初めて観察できた。このことから、節にはすぐに発根できるように準備ができていいる(根になる細胞がある?)が、茎ではあらかじめ準備ができていないので、発根までに時間がかかったのではないだろうか。茎の切り口で形成層が根に変化して、それから成長するために、節からの発根より何倍もの時間がかかったと考えられる。

また、節なしの茎(No.1~No.10)の発根数はカップごとに大きな差が出た。No.6、No.7、No.8、No.9のカップでは発根を観察できなかったが、No.3では10本中7本、No.1、No.5、No.10では10本中4本が発根した。ひとつのカップの中で1本の茎が発根すると他の茎もつられて発根し、1本も発根しないカップは実験終了までそのままだったのだと思う。昨年、地下茎には発根を促進する物体Yがあると仮説をたてた。この物体Yが発根した根にも存在し、他の茎にも影響を与えたのではないだろうか(右図)。



⇒実験2、実験3で、発根した根が他の茎の発根にも影響を与えるのか調べてみる。

実験2

●**目的** 実験1でたてた仮説「発根した根には物体Yが存在し、他の茎の発根にも影響を与える」を検証する。

●**実験の方法**

①節のない葉のついた茎を60本用意する。(節の上1cm部分で切る)

②次のA~D4種類の茎を15本ずつ用意し、それぞれ①の茎と組み合わせ、水を入れた試験管に入れる。

A: 実験1のNo.1、No.2、No.3、No.4、No.5、No.10の発根した茎

B: 実験1のNo.6、No.7、No.8、No.9の茎(発根していない)

C: 実験1のNo.11、No.12の発根した茎(節あり)

D: 発根していない節のある茎

③毎日試料(①の節のない葉のついた茎)を観察する

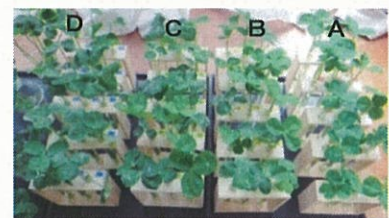
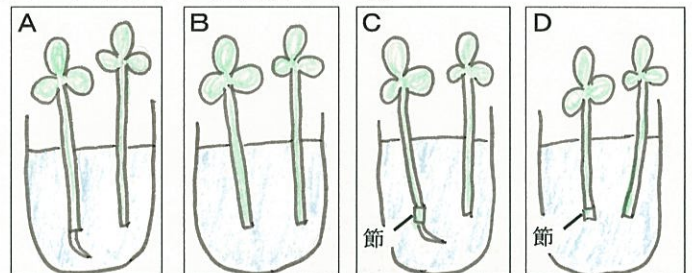
●**予想** 実験1でたてた仮説が正しければ次のようになる

A: 根から出た物体Yが試料に働きかけることで発根する

B: 物体Yがないため発根しにくい

C: 根から出た物体Yが試料に働きかけることで発根する

D: 一緒に入れた茎が発根したあと、試料に物体Yが働きかけることで発根する



●**結果** 19日間観察を続けた結果、右表になった。

Aで2本、Cで1本の発根が観察できた。Bからの発根はなかったが、試料と一緒に入れた茎からは15本中6本が発根した。Dでは試料と一緒に入れた茎から発根したものが15本中11本あったが、試料からの発根はなかった。

●**考察** 予想通りAとCで発根が観察できた。しかしAでは発根率13%、Cは発根率7%しかなかった。実験1では発根のあったカップ別の発根率が最大で70%、他のカップでも発根率30%~40%であったことから、実験1でたてた仮説は実証されず、発根した根から影響を受けたとは考えにくい。

| | 日付 | A | | B | | C | | D | | 平均気温(°C) |
|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| | | 発根数(本) | 発根率(%) | 発根数(本) | 発根率(%) | 発根数(本) | 発根率(%) | 発根数(本) | 発根率(%) | |
| 1日目 | 4/1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15.2 |
| 2日目 | 4/2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.2 |
| 3日目 | 4/3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.2 |
| 4日目 | 4/4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.0 |
| 5日目 | 4/5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.9 |
| 6日目 | 4/6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.3 |
| 7日目 | 4/7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.8 |
| 8日目 | 4/8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.4 |
| 9日目 | 4/9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.7 |
| 10日目 | 4/10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.7 |
| 11日目 | 4/11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.3 |
| 12日目 | 4/12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.7 |
| 13日目 | 4/13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.4 |
| 14日目 | 4/14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.6 |
| 15日目 | 4/15 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.5 |
| 16日目 | 4/16 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15.5 |
| 17日目 | 4/17 | 1 | 7 | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 | 0 | 14.6 |
| 18日目 | 4/18 | 1 | 7 | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 | 0 | 14.5 |
| 19日目 | 4/19 | 2 | 13 | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 | 0 | 15.6 |

実験3

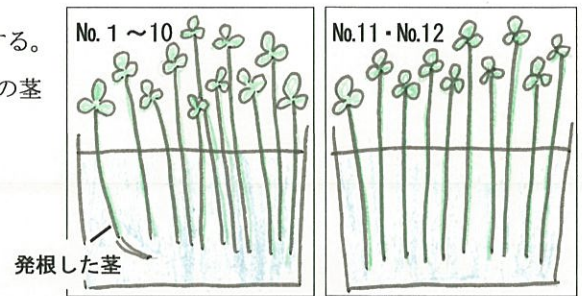
●目的 実験2と同様、実験1でたてた仮説「発根した根には発根を促進する物体Yがあり、他の茎の発根にも影響を与える」を検証する。実験2では茎を15本ずつ、条件を変えて検証したが、実験3では同じ条件で100本の茎を調べようと思う。

●実験の方法

- ① 節のない葉のついた茎（節の上1cm部分を切る）を120本用意し試料とする。
- ② 12個のカップそれぞれに①の茎を10本ずつ入れ、実験1のNo.11、No.12の茎（節あり・発根している）を、No.1～No.10のカップに1本ずつ入れる。

No.1～No.10…試料10本+発根した茎（節あり）1本
No.11・No.12…試料10本のみ

- ③ 毎日試料の発根の様子を観察する



●予想 実験1でたてた仮説どおりならば、発根した茎と一緒に入っているNo.1～No.10で発根すると思う。No.11、No.12は実験1のNo.1～No.10と同じ条件なので、実験1と同じ結果になる。

●結果 19日間観察を続けた結果、右表になった。

No.3、No.4、No.5、No.6、No.8、No.9、No.10、No.11、No.12のカップで発根がみられたが、どれも1～2本発根しただけだった。No.1～No.10では100本中8本発根したので発根率は8%、No.11、No.12では20本中2本発根し発根率は10%となり、発根している茎と一緒に入れても入れなくても発根率に大きな違いがみられなかった。

●考察 発根した茎と一緒に入れたカップ（No.1～10）と何も入れなかったカップ（No.11、12）では発根率が8%と10%であり、ほとんど変わらなかった。このことから、発根した根が試料に影響を与えたとはいえない。

| | | 発根数(本)/15本 | | | | | | | | | | | 平均気温(℃) | | |
|------|------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|---------|-------|------|
| | | No.1 | No.2 | No.3 | No.4 | No.5 | No.6 | No.7 | No.8 | No.9 | No.10 | No.11 | | No.12 | |
| 1日目 | 4/1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15.2 |
| 2日目 | 4/2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.2 |
| 3日目 | 4/3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.2 |
| 4日目 | 4/4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.0 |
| 5日目 | 4/5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.9 |
| 6日目 | 4/6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.3 |
| 7日目 | 4/7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.8 |
| 8日目 | 4/8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.4 |
| 9日目 | 4/9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.7 |
| 10日目 | 4/10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.7 |
| 11日目 | 4/11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.3 |
| 12日目 | 4/12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.7 |
| 13日目 | 4/13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.4 |
| 14日目 | 4/14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.6 |
| 15日目 | 4/15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 13.5 |
| 16日目 | 4/16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 15.5 |
| 17日目 | 4/17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14.6 |
| 18日目 | 4/18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14.5 |
| 19日目 | 4/19 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 15.6 |

実験1～3の結果から考えられること

実験1～3の結果をまとめると下の表のようになった。発根した根には発根を促進する物体Yが存在し、別の茎の発根に影響を与えて発根させると予想して実験2、3を行ったが、発根した根から影響を受けたと思われる結果は得られなかった。しかし、実験2において発根が観察できたのは発根している茎と一緒に入れた茎（A、C）のみだったので、発根した根からの影響が全くないとは言えないと思う。

| | | 一緒に入れた茎の状態 | | 発根数(本) | 発根率(%) |
|-----|-------------|------------|----|--------|--------|
| | | 節 | 発根 | | |
| 実験1 | No.1～No.10 | — | — | 25/100 | 25 |
| 実験2 | A | なし | あり | 2/15 | 13 |
| | B | なし | なし | 0/15 | 0 |
| | C | あり | あり | 1/15 | 7 |
| | D | あり | なし | 0/0 | 0 |
| 実験3 | No.1～No.10 | あり | あり | 8/100 | 8 |
| | No.11・No.12 | — | — | 2/20 | 10 |

また実験2-Bで使った茎（実験1で発根しなかった茎）で15本中6本が発根した。これらの茎は発根まで最短で24日間、最長で37日間かかっている。実験2、3では19日間実験を行ったが、もっと長い期間実験を続けたら違う結果になったかもしれない。

●実験1と実験2、3との発根率のちがいについて

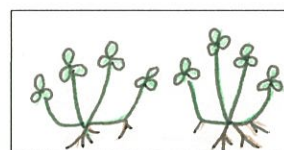
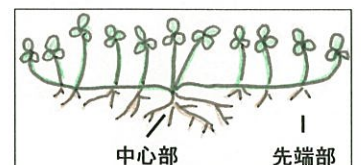
実験1と実験2、3の発根率を比べると、実験1の発根率のほうが高くなった。実験1と実験3のNo.11、No.12は同じ条件であるが、実験1では発根率25%、実験3では10%と違いがでた。実験1ではカップ別に見ると10本中7本発根したカップもあり、10本中1本しか発根しなかった実験3とは発根の様子も異なった。どうして違いがでたのか理由を考えてみる。

◎理由1：採取した茎が生えている位置が違った。

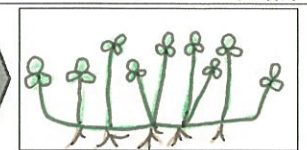
⇒シロツメクサの株の中心部と先端部の茎では発根率に違いが出る？

株は先端部の地下茎が伸び新しい葉が生えてくるので、先端部の葉のほうが若い。若い方が発根も起こりやすくなるのではないだろうか。

実験をする時には葉の位置を考えずに採取したので、先端部を多く採取した時に発根率が高くなってしまったのだと思う。実験1を採取した3月中旬はまだ株が伸び始めたばかりの時期だったので先端部が多く、それを採取したため発根率が高くなったと考えられる（右図）。



3月中旬(実験1採取時)
ほとんどの茎が先端に近い

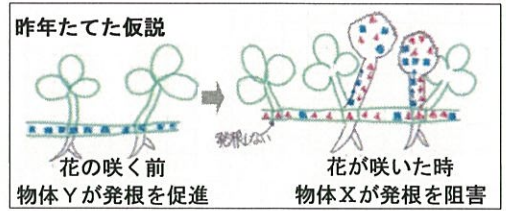


4月上旬(実験2、3採取時)
地下茎がのび、株の中心部の茎が多い

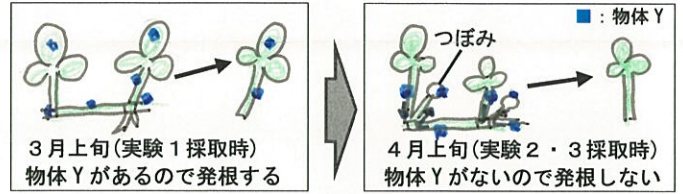
◎理由2 実験2、3を行った時は発根しにくい時期だった？

⇒節つきの茎の発根と同様に、時期によって発根率に違いがある？花のある時期は発根しにくい？

昨年の実験の結果から発根しにくくなる原因は花であることがわかった。このことから、右図のように、発根を阻害する物体Xと発根を促進させる物体Yがシロツメクサにあり、発根に影響を与えていると仮説をたてた。



この物体Xと物体Yが地下茎だけでなく葉のついた茎にも影響を与えており、時期により発根率に違いが出たと思われる。実験1で茎を採取した3月中旬は物体Yが茎にあり発根したが、実験2、3を行った4月上旬には茎の物体Yが減少し、発根しにくくなったのではないだろうか。4月上旬ではまだ花はほとんど咲いていなかったが、節からつぼみの茎がのびていたので、物体Yはつぼみに移動していたのかもしれない。



実験1と実験2、3の結果の違いから二つの理由を考えてみた。来年の春にはこの二つの原因をもう少し調べてみたい。

実験4

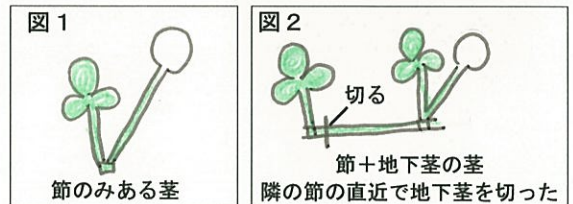
5月になると花がたくさん咲いてきた。実験4からは、花と茎と発根の関係を調べていきたい。

●目的 物体Yは地下茎に存在していて、発根に影響を与えるのか調べる。また、このとき花に存在すると考えられる物体Xの影響はあるのか調べる。



●実験の方法

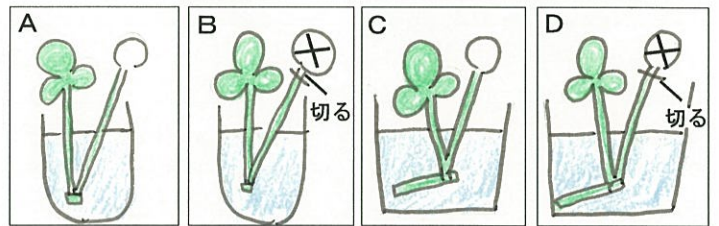
①花茎と葉のついた茎(以下葉茎とする)が一つの節から出ている茎(図1)と、花茎と葉茎が一つの節から出ている地下茎のついた茎(図2)を、それぞれ20本用意する。



②①の茎の花をそれぞれ10本ずつ、花の下1cm部分で切る。

③水を入れた試験管とカップに①と②の茎を入れA~Dとする。

- A: 節・葉茎・花茎
- B: 節・葉茎 ※花を切った
- C: 地下茎・節・葉茎・花茎
- D: 地下茎・節・葉茎 ※花を切った

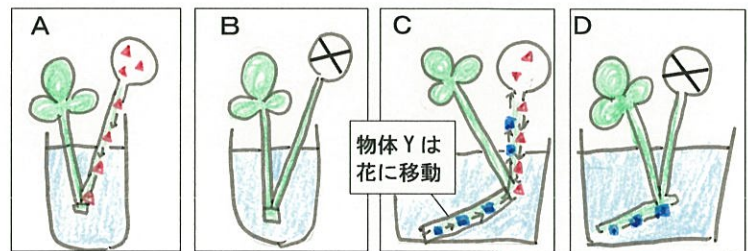


※A、Bは試験管、C、Dは地下茎があるためカップで実験を行うこととする。A~Dはそれぞれ10本ずつ。

④毎日試料の発根の様子を観察する

●予想 仮説のとおり物体Xが花にあり物体Yが地下茎で作られているならば、右図のようになると思う。

- A: 花に存在する物体Xによって発根が阻害される。
- B: 花がないので物体Xが存在しないから発根する。
- C: 物体Xにより発根が阻害される。物体Yは花に移動する。
- D: 地下茎にある物体Yによって発根が促進される。



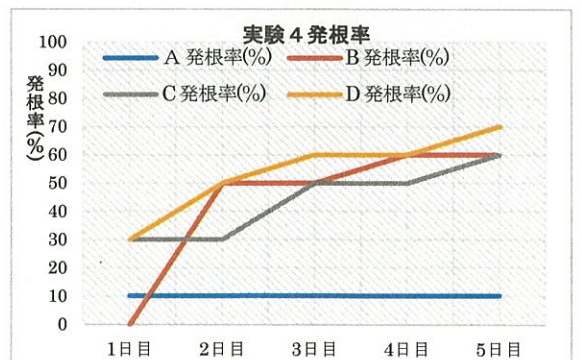
▲: 物体X ■: 物体Y

●結果 5日間観察した結果、次のようになった。

| 日付 | A | | | B | | | C | | | D | | | 平均気温(℃) |
|----------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|
| | 発根数(本) | 発根率(%) | 枯れた茎(本) | 発根数(本) | 発根率(%) | 枯れた茎(本) | 発根数(本) | 発根率(%) | 枯れた茎(本) | 発根数(本) | 発根率(%) | 枯れた茎(本) | |
| 1日目 5/7 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 30 | 0 | 3 | 30 | 0 | 18.0 |
| 2日目 5/8 | 1 | 10 | 0 | 5 | 50 | 0 | 3 | 30 | 0 | 5 | 50 | 0 | 17.5 |
| 3日目 5/9 | 1 | 10 | 0 | 5 | 50 | 0 | 5 | 50 | 0 | 6 | 60 | 0 | 18.0 |
| 4日目 5/10 | 1 | 10 | 7 | 6 | 60 | 4 | 5 | 50 | 10 | 6 | 60 | 2 | 18.7 |
| 5日目 5/11 | 1 | 10 | 7 | 6 | 60 | 4 | 6 | 60 | 10 | 7 | 70 | 2 | 22.5 |

●結果 5日間観察した結果、次のようになった。

予想通りAの発根率が低くなり、花を切ったB、Dの発根率がそれぞれ60%、70%と高くなった。Cは花があるため発根率が低くなると予想したが、発根率は60%と高くなった。グラフに表すと右図の通り。



●茎の様子（5日目） 実験2日目から葉が黄色く変色しはじめ、4日目には枯れた葉が多く観察できた。枯れた葉はA、Cで多く、Cでは10本の茎すべてで葉が枯れた。しかしDでは2本しか枯れなかった。



枯れた茎を観察すると、黄色に変色しているのは葉茎と葉であり、同じ節から出ている花茎と花は変色していなかった。地下茎も緑のままで、枯れたのは葉茎のみであるようだ。また、発根した茎であっても葉は枯れているので、発根と葉が枯れたことは関係ないと思われる。



↑Cの茎
手前が枯れた葉と葉茎。
奥にある茎が花茎。

●考察 AとBを比較するとAの発根率のほうが低くなった。これは花の有無で発根率に差が出たということであり、花に存在する物体Xにより発根が阻害されたと考えられる。また、AとCを比較してもAの発根率のほうが低い。AとCの違いは地下茎の有無なので、Cは地下茎があることで発根率が高くなったと思われる。地下茎には物体Yが存在するので、物体Yにより発根が促進されたと思われる。しかし、CとDを比較するとわずかな差だがCの発根率が低い。花の有無、つまり物体Xの影響もCは受けているのであろう。BとDを比較すると発根率の差はほとんどなかった。花がない場合は、地下茎の有無と発根は関係ないようだ。

◎葉が枯れたことについて 葉が枯れたことと、花、地下茎の有無をまとめると右表になった。半数以上の葉が枯れた茎はAとCでどちらも花がある茎なので、葉が枯れた原因のひとつは花であるようだ。また地下茎があるCとDを比較すると、Cは10本すべて葉が枯れたのに、Dでは2本しか枯れなかった。Cは花が有りDは花がないことから、花と地下茎どちらもあったことが、葉が枯れた原因だと考えられる。

| | 花 | 地下茎 | 枯れた葉(本) | 発根数(本) |
|---|----|-----|---------|--------|
| A | あり | なし | 7/10 | 1/10 |
| B | なし | なし | 4/10 | 6/10 |
| C | あり | あり | 10/10 | 6/10 |
| D | なし | あり | 2/10 | 7/10 |

実験5

●目的 実験4で地下茎の有無で発根率に差が出ることがわかったので、物体X、物体Yと地下茎が関係しているのか調べる。

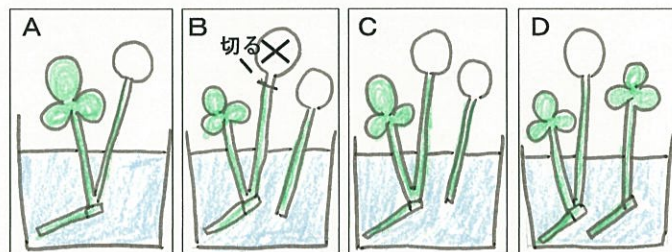
●実験の方法

①花茎と葉茎が一つの節から出ている地下茎のついた茎(実験4図2)を40本用意し、そのうち10本を花の下1cmの部分で切る。

②水を入れたカップに①の茎をそれぞれ10本ずつ入れA~Dとする。A~Dには次のように花茎、葉茎を入れる。

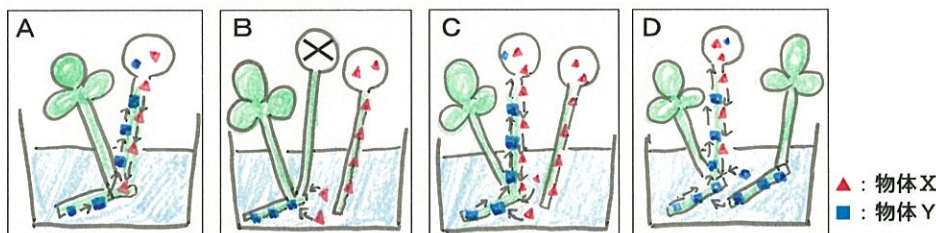
- A: 地下茎・節・葉茎・花茎 ※実験4-Cと同じ
- B: 地下茎・節・葉茎(花を切った) + 花茎 ※実験4-D + 花
- C: 地下茎・節・葉茎・花茎 + 花茎 ※実験4-C + 花
- D: 地下茎・節・葉茎・花茎 + 葉茎と地下茎 ※4-C + 葉・地下茎

③毎日試料の発根の様子を観察する



●予想 地下茎に物体Yが存在し、花には物体Xが存在するならば、次のように物体X、物体Yが発根に影響を与えると思う。

- A: 物体Yにより発根するが、物体Xの影響も受ける。
- B: 別に入れた花茎から出た物体Xによって発根が阻害される。
- C: 別に入れた花茎からも物体Xが出て、物体Xが多くなり、Bより発根が阻害される。
- D: 別に入れた茎の地下茎から物体Yが出るので、発根が促進される。



また、A、C、Dは地下茎と花の両方があるので、実験4の結果から考えると葉が枯れると思う。Bだけ花がないので葉が枯れないままになるはずである。



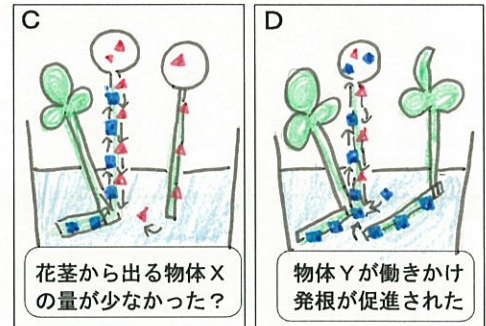
●結果 5日間観察した結果、次のようになった。

| 日付 | A | | | B | | | C | | | D | | | 平均気温 (°C) |
|-----|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|-----------|
| | 発根数(本) | 発根率(%) | 枯れた茎(本) | 発根数(本) | 発根率(%) | 枯れた茎(本) | 発根数(本) | 発根率(%) | 枯れた茎(本) | 発根数(本) | 発根率(%) | 枯れた茎(本) | |
| 1日目 | 5/16 | 2 | 20 | 0 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16.9 |
| 2日目 | 5/17 | 2 | 20 | 0 | 3 | 30 | 0 | 1 | 10 | 0 | 2 | 20 | 20.7 |
| 3日目 | 5/18 | 2 | 20 | 0 | 7 | 70 | 0 | 1 | 10 | 0 | 6 | 60 | 20.6 |
| 4日目 | 5/19 | 3 | 30 | 0 | 8 | 80 | 0 | 3 | 30 | 0 | 7 | 70 | 21.2 |
| 5日目 | 5/20 | 4 | 40 | 0 | 8 | 80 | 0 | 4 | 40 | 0 | 9 | 90 | 20.2 |

BとDで発根率が高くなり、AとCは発根率40%で、B、Dより低い結果となった。Bでは、試料の花は切ったが別の花を一緒に入れたので発根率は低くなると予想したが、実際の発根率は80%と高くなった。グラフにすると右の通り。またA、C、Dにおいては葉が枯れると予想したが、今回の実験ではA～Dすべてで葉が枯れることはなかった。



●考察 AとCでは発根率が40%となったことから、花にある物体Xの影響を受けていると思われる。逆に、花を切ったBでは発根率が80%となり、物体Xの影響をほとんど受けていない。BとCにはどちらも花茎を一緒に入れたが、これから出る物体Xの影響はほとんど受けていないようだ。昨年行った研究の実験3の結果で、シロツメクサの節の発根では花を多くカップに入れることで物体Xの水中の量を増やすと発根しにくくなることがわかった。またこの実験では、花が茶色に変色すると物体Xが出なくなってしまうこともわかった。今回の実験でも、試料と一緒に入れた花はすぐに茶色く変色した。つまり、B、Cで一緒に入れた花茎が物体Xの影響を受けなかった理由は次の2点だろう。



- ・花の数が少なく、水中に出た物体Xの量が少なかった
- ・花がすぐに枯れてしまった

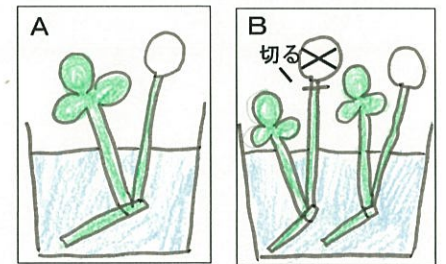
またDでは、花にある物体Xの影響を受けず、発根率は90%と高くなった。これは一緒に入れた地下茎のついた葉茎において、地下茎にある物体Yが水中に出て、試料に影響を与えたと考えられる。B、Cの花茎と同じくDの葉茎も1本しか入れなかったが、試料に影響を与える量の物体Yが出ていると思われることから、物体Yは地下茎で作られていると考えてよいのではないだろうか。

実験6

●目的 実験5-Aは実験4-Cと同じ条件だったのに葉が枯れなかったのもう一度同じ条件で行い、葉が枯れるか調べる。また、実験5-Bでは花の影響を受けなかったのもう一度同じ条件で行い、実験6では地下茎つきの花茎ではどうなるか調べる。

●実験の方法

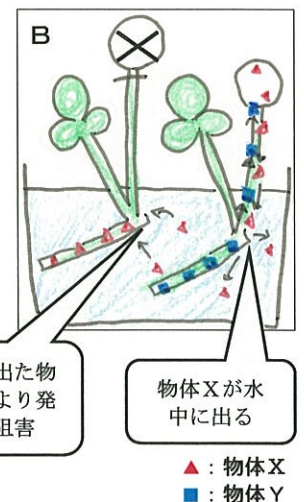
- 花茎と葉茎が一つの節から出ている地下茎のついた茎(実験4図2)を45本用意し、そのうち15本を花の下1cmの部分で切る。
- 水を入れたカップを用意し、①の茎を15本入れA、花を切った①の茎15本を入れる。Bには残りの①の茎も1本ずつ一緒に入れる。



③毎日発根を観察する

●予想 Aは実験4-C、実験5-Aと同じ条件になるので、同じような結果になると思う。地下茎で作られる物体Yによって発根するが、花に存在する物体Xによって発根が少し抑えられるのではないだろうか。

Bでは、試料だけならば花がないので発根するが、花茎、葉茎、地下茎のある茎を一緒に入れてあるので、花から物体Xが出て試料の発根を阻害するため発根しにくいと思う。実験5-Bと異なり茎は地下茎つきのものを入れた。昨年の研究で得られた「物体Yが花で物体Xに変化する。または物体Yが花で物体Xを作る。」という仮説が正しいならば、地下茎で作られた物体Yが花に行き物体Xになるので、物体Xは実験5-Bより多く水中に出るはずである。

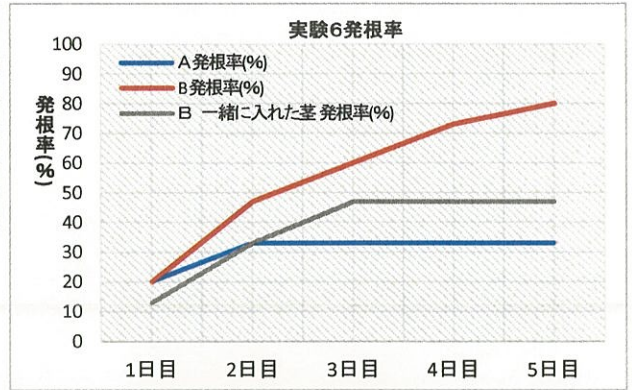


※昨年の研究でたてた仮説
物体Yは花で物体Xに変化する または 物体Yが花で物体Xを作る
つまり、物体Yが花に行くことで物体Xができると考えられる

●結果 5日間観察した結果、次のようになった。

| 日付 | A | | | B | | | B 一緒に入れた茎 | | | 平均気温(℃) | |
|-----|--------|--------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------|---------|---------|------|
| | 発根数(本) | 発根率(%) | 枯れた茎(本) | 発根数(本) | 発根率(%) | 枯れた茎(本) | 発根数(本) | 発根率(%) | 枯れた茎(本) | | |
| 1日目 | 6/8 | 3/15 | 20 | 0/15 | 3/15 | 20 | 0/15 | 2/15 | 13 | 0/15 | 23.5 |
| 2日目 | 6/9 | 5/15 | 33 | 0/15 | 7/15 | 47 | 0/15 | 5/15 | 33 | 0/15 | 23.7 |
| 3日目 | 6/10 | 5/15 | 33 | 0/15 | 9/15 | 60 | 0/15 | 7/15 | 47 | 0/15 | 22.4 |
| 4日目 | 6/11 | 5/15 | 33 | 2/15 | 11/15 | 73 | 0/15 | 7/15 | 47 | 0/15 | 23.9 |
| 5日目 | 6/12 | 5/15 | 33 | 13/15 | 12/15 | 80 | 0/15 | 7/15 | 47 | 8/15 | 24.7 |

Aでは発根率 33%となり、同じ条件で実験した実験5-Aと同じくらいの発根率となった。Bでは一緒に入れた茎の影響を受け発根率が低くなると予想したが、発根率は80%と高くなった。また、試料と一緒に入れた茎の発根率は47%となった。グラフにすると右の通り。



●茎の様子 Aでは実験3日目に葉が黄色くなった茎があった。実験5日目には15本中13本の葉が黄色くなり、茎まで黄色になり枯れた。Bでは実験5日目まで試料の茎は黄色くならなかったが、試料と一緒に入れた茎の葉は実験4日目に黄色くなりはじめ、実験5日目には15本中8本が黄色くなった。また、Aの花と、Bの試料と一緒に入れた茎の花は、どちらも実験3日目から小花が茶色く変色し、実験5日目には枯れた花が多く見られた。

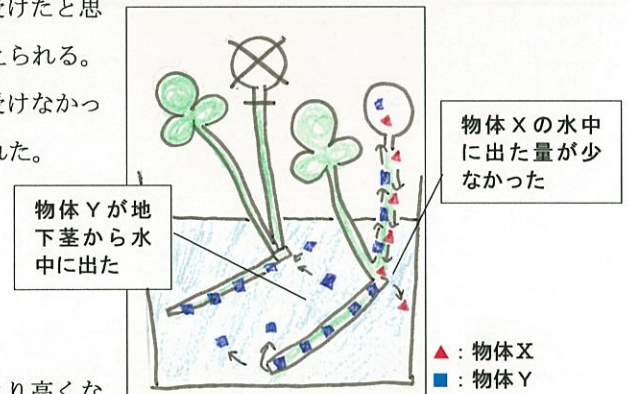


←実験5日目Bの茎
試料の葉は緑色のまま。試料と一緒に入れた茎は葉が茶色に変色し、茎も黄色っぽくなっている。

●考察 Aの発根率が低くなったことから、花に存在する物体Xの影響を受けたと思われる。また、茎の様子から、花と地下茎どちらもあると葉が枯れると考えられる。

Bの発根率が高くなったことから、試料と一緒に入れた茎の花の影響を受けなかったと考えられる。どうしてなのか理由を考えてみると、次の3点が考えられた。

- ・試料と一緒に入れた茎の地下茎から物体Yが水中に出た。
⇒地下茎の物体Yがすべて花に向かわなかった？
- ・物体Xが水中に出る量が少なかった。⇒物体Y→物体Xにならない？
- ・花が枯れたため物体Xが作られなくなった。



また試料と一緒に入れた茎の発根率は同じ条件の茎であるAの発根率より高くな

った。花を切った試料の発根率よりは低いので、花から出た物体Xにより発根しにくくなったと思われる。しかしAの発根率よりは高くなったことから、試料の地下茎から物体Yが出ており、その影響を受けたのではないだろうか。

実験4～6の結果から考えられること

実験4～6の結果をまとめると、右表のようになった。

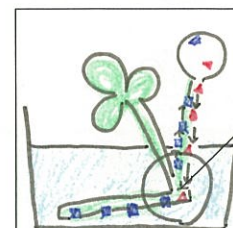
●発根について 地下茎の有無にかかわらず、花があると発根率が低くなるのがわかった。このことから、やはり物体Xは花に存在しており、節に移動することで発根を阻害していると考えられる。ただし物体Xが別の茎にある場合、茎1本では影響を与えることができない。水中に存在する物体Xが少ないため発根を阻害できないようだ。つまり物体Xが働くためにはある程度の量が必要であると考えられる。また発根を促進させる物体Yは地下茎に存在することが実験5-Dからはっきりした。そして物体Xと異なり、茎が1本あるだけで別の茎の発根に影響を与えることができる。このことから次の2点が考えられると思う。

| 実験番号 | 葉 | 節 | 花 | 地下茎 | 一緒に入れた茎 | | 発根率(%) | 葉が枯れた割合(%) |
|------|---|---|---|-----|---------|-----|--------|------------|
| | | | | | 花 | 地下茎 | | |
| 4 | A | ○ | ○ | ○ | x | - | 10 | 70 |
| | B | ○ | ○ | x | x | - | 60 | 40 |
| | C | | | | | | 60 | 100 |
| 5 | A | ○ | ○ | ○ | ○ | - | 40 | 0 |
| 6 | A | | | | | | 33 | 87 |
| 4 | D | ○ | ○ | x | ○ | - | 70 | 20 |
| | B | ○ | ○ | x | ○ | ○ | 80 | 0 |
| | C | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 40 | 0 |
| 5 | D | ○ | ○ | ○ | ○ | x | 90 | 0 |
| 6 | B | ○ | ○ | x | ○ | ○ | 80 | 0 |

※○・有 x・無 を表している
※一緒に入れた茎はすべて葉と節がついている

- ・物体Yは少量でも発根を促進する
- ・物体Yは地下茎で作られる

実験1-Aのように地下茎が無い場合、発根率は地下茎がある場合より下がる。これは地下茎で作られる物体Yがないので、物体Xの影響のみを受けているからだ。地下茎がある場合は、物体Xと逆の働きをする物体Yが存在するため、どちらの影響も出にくくなり発根率が30%~60%くらいになるのではないだろうか(右図)。



物体Xと物体Yのどちらもあるので、どちらの働きも弱まる。

●葉が枯れたことについて 実験4と6では、葉が黄色く変色し枯れたものが多くあった。枯れた葉はどれも地下茎と花茎がある茎であったので、葉が枯れたのは地下茎と花があったからだと考えられる。

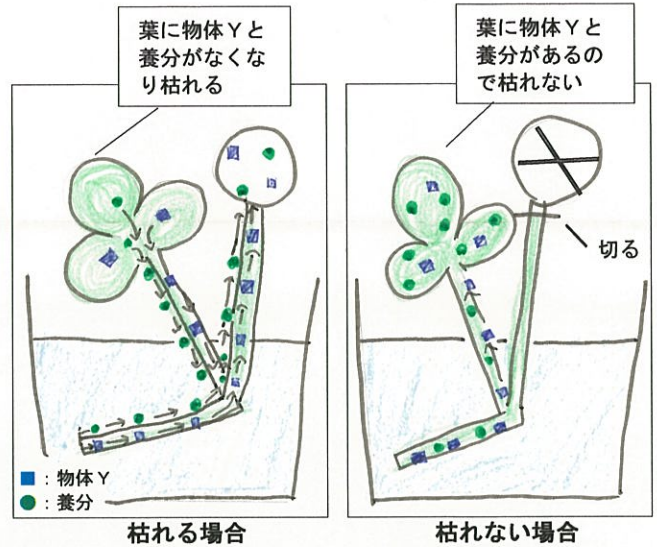
◎葉が枯れた原因として考えられること

原因1：葉で光合成により作られた養分がすべて花に移動した。

花が成長し種を作るために作られた養分がすべて花に移動してしまい、葉の養分がなくなり、葉自身を維持できなくなり枯れてしまった。花を切ると養分の移動がなくなるため葉が枯れない。

原因2：葉の物体Yがなくなった。

実験4-D、実験6-Bはどちらもほとんど葉が枯れていない。これらの茎は、花がなく地下茎がある茎である。地下茎では物体Yが作られていると考えられ、この物体Yが葉に移動しているため枯れないのではないだろうか。このとき物体Yは発根を促進させるだけでなく、葉の生命を維持する働きもあると考えられる。花がある茎は花に物体Yが移動してしまうため、葉の生命を維持できないので枯れてしまうのだと思う。



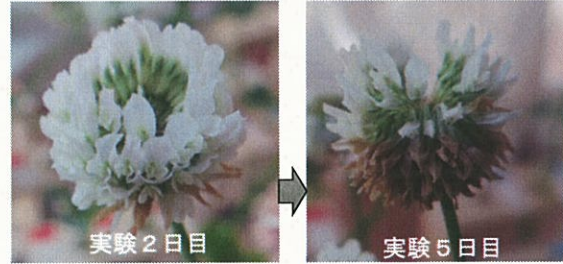
●花について 昨年の実験と同様に今年も多くの花を使って実験を行ったが、昨年と今年とでは花の様子が違っている茎があった。昨年は実験2日目には茶色く変色し枯れてしまう花が多かったが、今年の実験4、5では成長を続けている花が多かった。

昨年の花の様子



← 節の上で切った花茎のみの花。実験2日目には茶色く変色。成長が止まっているようで物体Xも出ていない。

今年の花の様子

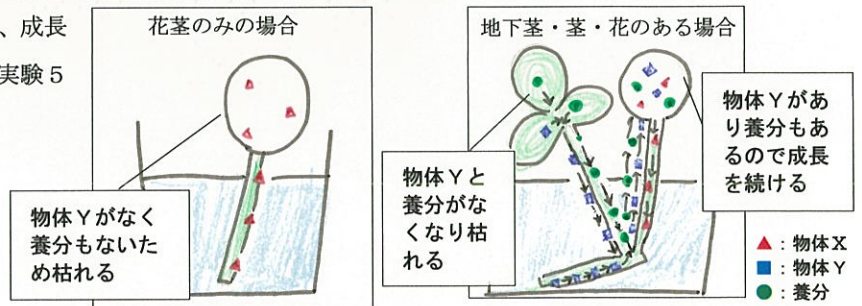


← 実験4-C (No.7)の花。下から順に小花が茶色くなる花の成長の過程を進んでいる



左の写真は、花の成長を左から順に並べたものである。今年の実験で使った花はこの写真のように枯れたことから、正しく成長を続けていたと考えられる。

成長が止まって全体が茶色に変色し枯れていく花と、成長を続ける花との違いは、地下茎の有無にあるようだ。実験5-B、Cで試料と一緒に入れた花は、全体が茶色くなって枯れてきたが、試料は下の方の小花が茶色くなった。前述の葉が枯れることとあわせて考えると、右のようになったのではないだろうか。

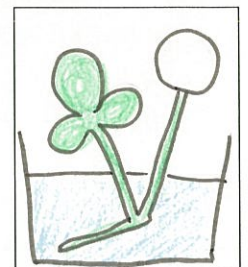


●実験4-C、5-A、6-Aについて

実験4-C、5-A、6-Aは同じ条件(地下茎、花茎、葉茎がある)で実験を行った。結果は右表のようになった。同じ条件であるが、結果は少し違いがあった。

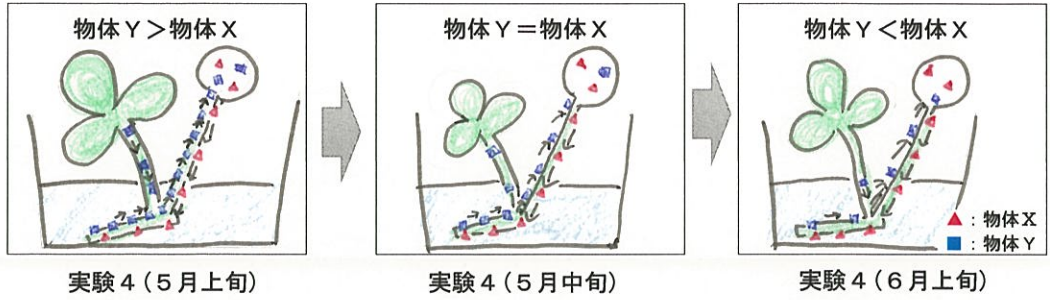
| 実験番号 | | 日程 | 発根率(%) | 葉が枯れた割合(%) |
|------|---|-----------|--------|------------|
| 4 | C | 5/6~5/11 | 60 | 100 |
| 5 | A | 5/15~5/20 | 40 | 0 |
| 6 | A | 6/7~6/12 | 33 | 87 |

実験4、6では葉が枯れたが、実験5では枯れなかった。



◎葉が枯れなかった理由は？ 実験5では実験で使った葉はすべて枯れなかった。このときの葉は、採取した時から大きく濃い緑色だったことから、花に栄養が行ってもまだ自身を維持できるだけの養分が残っていたのではないだろうか。

◎発根率の違いはどうしてだろうか？ 3回の実験の発根率は、少しではあるが下がっていった。発根は物体Xと物体Yに影響されることから、発根率の違いは物体Xと物体Yの量のバランスのちがいにあったと考えた。花が咲いている時には物体Xは常にあるので、物体Yの量に変化があったのではないだろうか。株が成長するにつれて、発根や成長を促進する物体Yが作られなくなっているのだと思われる。



まとめ

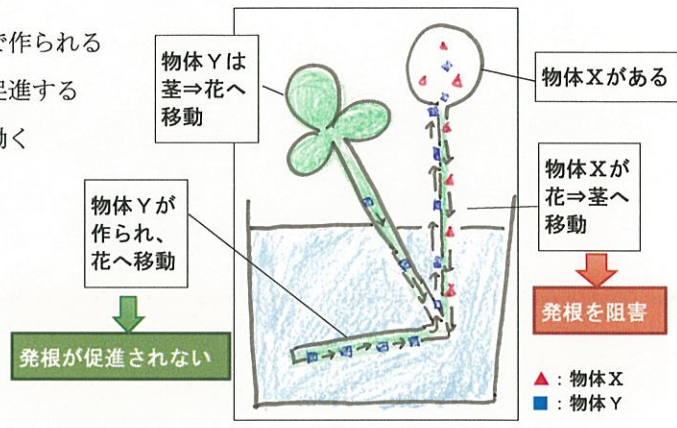
●実験の結果から物体Xと物体Yは次の特徴を持つことがわかった。

- 物体X
- ・花に存在する
 - ・発根を阻害する
 - ・少量では働かない

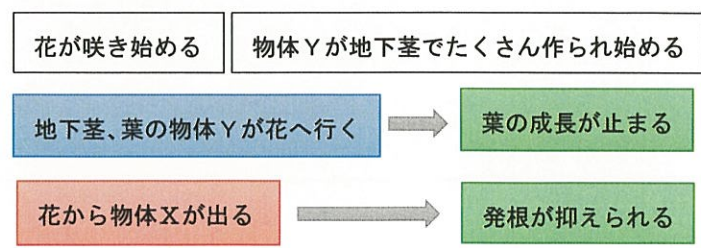
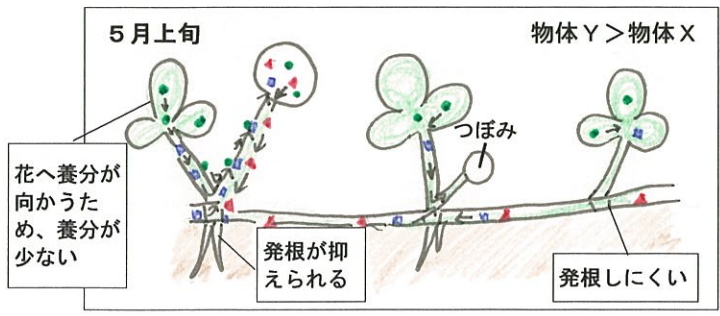
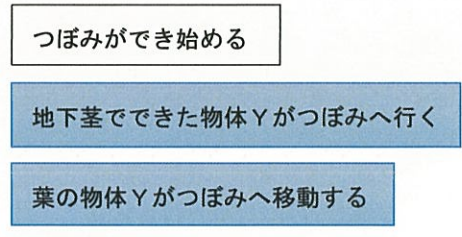
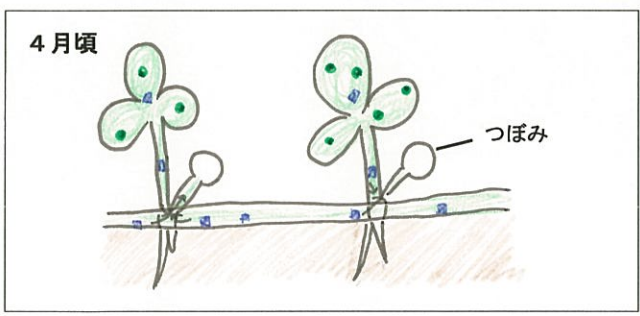
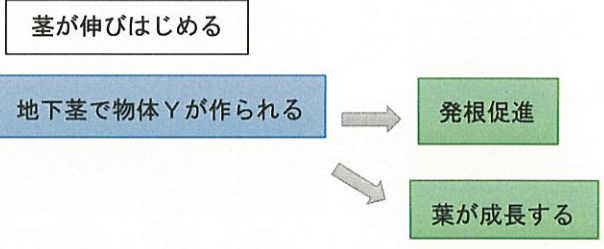
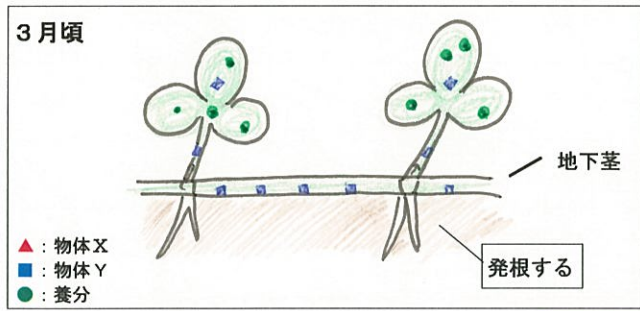
- 物体Y
- ・地下茎で作られる
 - ・発根を促進する
 - ・少量で働く

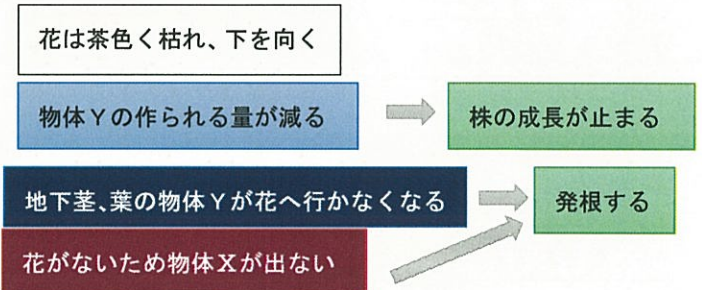
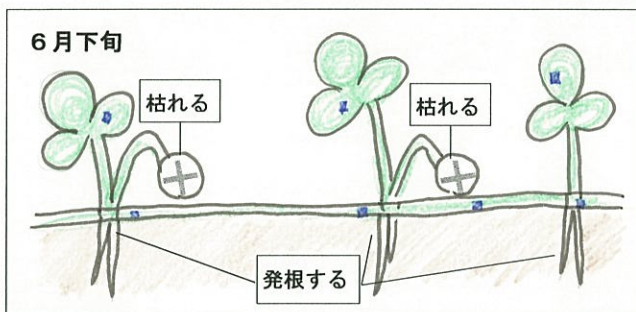
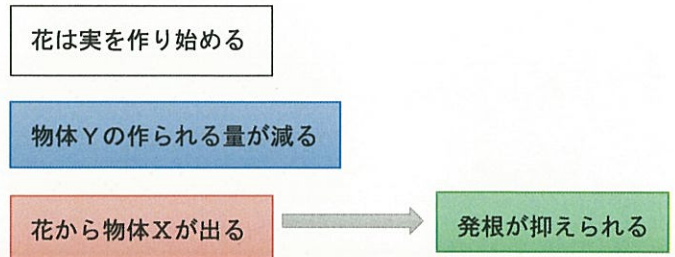
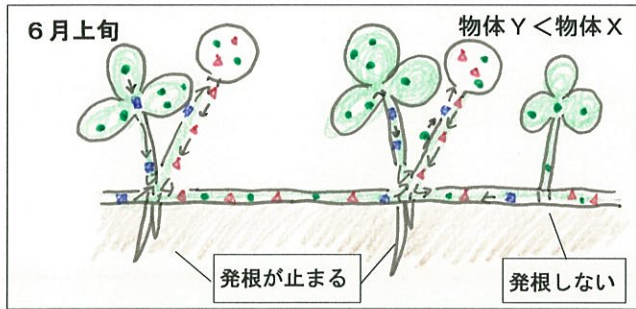
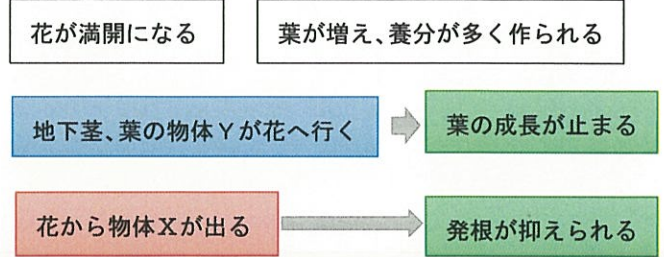
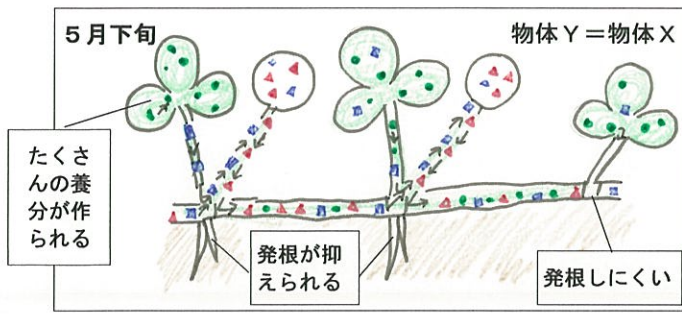
また物体Yは次の特徴があると考えられる

- ・成長を促進させる。
- ・葉に存在する。花があるときは葉→花へ移動する。
- ・花があるときには地下茎→花へ移動する
- ・株が成長するのにあわせて量に変化する



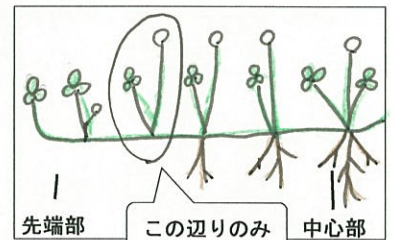
●これらの特徴から物体Xと物体Yはシロツメクサの成長に次のように影響していると考えられる。





おわりに

今年の実験で大変だったことは試料の採取であった。地下茎と葉と花があって根が出ていない茎が必要だったとき、右図のように花がある茎はすでに根が出ているものが多く、必要な茎は先端部から3~4箇所目の節の部分にしかなかった。この茎を探すことがなかなか難しく、必要な数を集めることが大変だった。しかし、例年以上の量のシロツメクサを父が育ててくれたので、無事に実験することができた。害虫や病気を防いで多くのシロツメクサを育ててくれた父にとっても感謝している。また、シロツメクサの採取や実験は母が手伝ってくれた。たくさんの試料を用意するのは私ひとりでは無理だったと思う。この研究を続けられるのは両親のおかげだ。これからも感謝の気持ちを忘れずに続けていきたい。



●来年調べたいこと ・物体X、物体Yの役割、特徴の検証

⇒今年物体Xについてあまり調べることができなかったので、来年は物体Xについても詳しく調べたい。

また、物体Yには発根の促進だけでなく成長を促進させるのではないかと仮説ができたので調べたい。

・葉茎から直接の発根を詳しく調べる。⇒物体Yと発根が関係ありそうなので調べたい

●参考文献 ・視覚でとらえるフォトサイエンス生物図録 鈴木孝仁監修 数研出版

・大自然のふしぎ 植物の生態図鑑 学研

・科学のタネを育てよう3 シロツメクサの花のふしぎ 一寸木肇著 少年写真新聞社