

1. 研究の背景

私は、植物について興味があり研究してきた。

小学2年生の時、水に挿したマリーゴールドの観察をし、根の長さや茎の長さで寿命が違うことが判った。また、切り落として小さくなった主根から、新しい根が生えてくることにも驚いた。

そこで母が草むしりをしていてもすぐ生えてくる雑草も、1年次の結果のように残った根から新しい根が生えてしまうからなのか疑問を持ち、雑草の根を身近な農作物や園芸植物の根と比べて観察した。

まず、雑草と農作物の根は、葉と茎を付けたままにして側根を取り除き主根だけにした。その根を水を含ませた脱脂綿の上に置き観察した。次に、葉を取り除き茎を切断した雑草の根と農作物と園芸植物の根を、土に埋める・土の表面に置く・水や栄養水で湿らせた脱脂綿の上に置くなどして、根からの植物の再生を観察した。その結果、雑草の根は、農作物と比較して再生する力が強く、高温、低温や乾燥も強く、少々の変化では負けずに強く生きる力があることが判った。雑草が駆除しにくい原因の一つに根が関係していることが考えられる。

今までの研究で根が植物の再生に大きな役割を果たしていることが判ってきたので、今回はどのように根が植物の再生に働いているのかを調べるために、根の部位や置き方に条件を設定し観察をおこなった。

2. 研究の目的

根がどのように再生していくのか。動物や虫に食べられたり、人間に駆除されて小さく残った根は再生していくのか。条件を設定して観察する。

3. 方法

用意：キク科セイヨウタンポポ(採取地；水戸農業高校)、シャーレ、ろ紙

方法：ろ紙を2枚重ねてシャーレに敷き少量の水を入れ、各条件の根を入れて蓋を閉め観察する

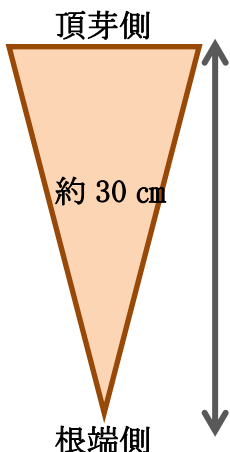
*各条件 L=2 cm 但し・②は葉を取り除き頂芽部を切断した茎と胚軸を含む根を0.5 cm プラス
・④は根端3 cmをプラス ・N=3

各条件

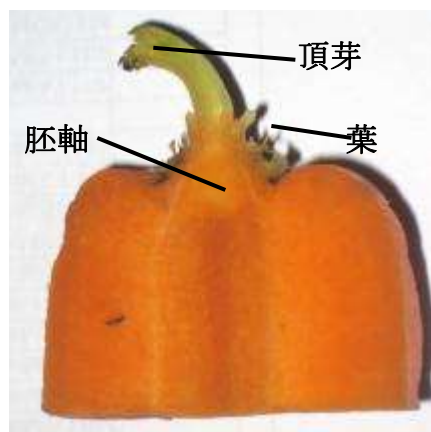
- ①中間部を円柱形に輪切りにしたもの(基準)
- ②葉を取り除き頂芽部を切断した茎と胚軸を含む根の上部
- ③葉を取り除き茎と胚軸を切り落とした根の上部
- ④根端を含む根の下部
- ⑤根端を切り落とした根の下部
- ⑥根を縦 1/2 に切ったもの
- ⑦根を縦 1/4 に切ったもの
- ⑧外側を剥き中心だけにする(維管束部分を残す)
- ⑨円筒状に外側を残したもの(維管束部分の削除)
- ⑩中間部を輪切りにし頂芽側を上部にして縦に置く(正)
- ⑪中間部を輪切りにし根端側を上部にして縦に置く(逆)

セイヨウタンポポ(キク科)

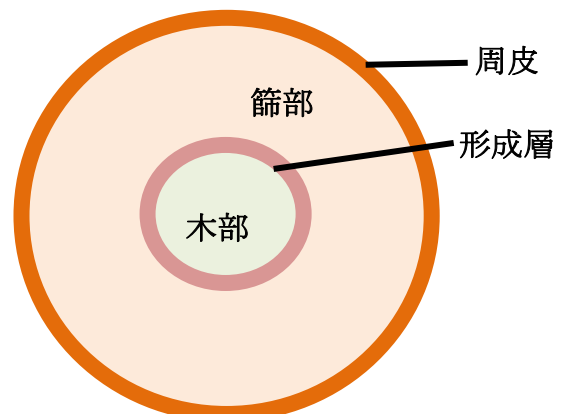
ヨーロッパ原産の外来種。繁殖力が強く、種が着床してから短期間で、開花し1年中花が見られる。外総苞片が、反り返ることで在来種のタンポポと区別できる



《頂芽部のつくり》



《タンポポの根の断面図》



①中間部を円柱形に輪切り
(基準)



②葉を取り除き頂芽部を切断した
茎と胚軸を含む根の上部



③葉を取り除き茎と胚軸を
切り落とした根の上部



④根端を含む根の下部



⑤根端を切り落とした根の下部



⑥根を縦 1/2 に切ったもの



⑦根を縦 1/4 に切ったもの



⑧外側を剥き中心だけにする



⑨円筒状に外側を残したもの



⑩中央部を輪切りにし
頂芽側を上部にして縦に置く (正)



⑪中央部を輪切りにし
根端側を上部にして縦に置く (逆)



4. 結果

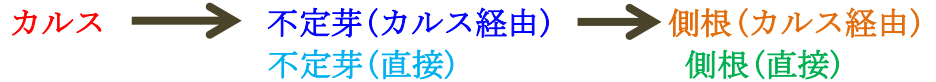
(1) 根が再生していく様子

カルス・不定芽・側根の形成観察表（観察期間：'11年4月13日～5月12日 平均気温20℃）

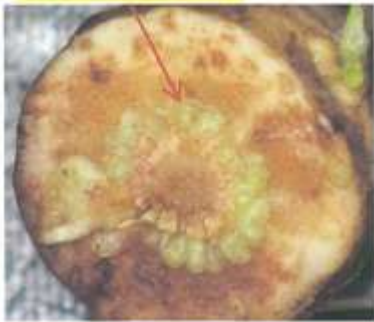
カルス・不定芽(カルス経由)・不定芽(直接)・側根(カルス経由)・側根(直接)

| 処理 | 6日目 | 8日目 | 10日目 | 11日目 | 12日目 | 14日目 | 16日目 | 17～20日目 | 21日目 | 22日目 | 25日目 | 30日目 |
|---------------------------------|--------------|----------------------|----------------------|------|-------------------------|------|--------------|---------|----------------------|------|----------------------|---------|
| ① 根の中間部を円柱形にぶつ切りにしたもの(基準) | | Bカルス | | | B不定芽 | | | | | | B腐敗 | A腐敗 |
| ② 葉を取り除き頂芽部を切断した茎と胚軸を含む根の上部 | Aカルス Bカルス | | | A不定芽 | | | | | C不定芽 | | A不定芽 B不定芽 C不定芽 | C側根 |
| ③ 葉を取り除き茎と胚軸を切り落とす根の上部 | | | | | Cカルス | | | | | A不定芽 | | |
| ④ 根端を含む根の下部 | | | | | Aカルス Bカルス | | B不定芽 | | | | C腐敗 | A不定芽・側根 |
| ⑤ 根端を切り落とす根の下部 | | | | | | | Aカルス Bカルス | | A不定芽 C側根 | | A不定芽 B側根 C不定芽 | |
| ⑥ 根を縦1/2に切ったもの | | Aカルス Bカルス Cカルス | | | | | B不定芽 | | | | | C腐敗 |
| ⑦ 根を縦1/4に切ったもの | | | Bカルス Cカルス | | Aカルス | | | | A不定芽 B不定芽 | | | |
| ⑧ 根の外側を剥き中心部だけにする(維管束部分を残す) | | | | | Bカルス Cカルス | | | | C不定芽 | | A腐敗 B腐敗 | |
| ⑨ 中央部を切り取り円筒状に外側を残したもの(維管束部の削除) | | | 側根 | | Aカルス Bカルス Cカルス・側根 | | | | A不定芽 B不定芽 C不定芽 | | | |
| ⑩ 中央部のぶつ切りを頂芽側を上にして縦に置く(正) | | | Aカルス Bカルス Cカルス | | | | | | B不定芽 C不定芽・側根 | | | |
| ⑪ 中央部のぶつ切りを根端側を上にして縦に置く(逆) | | | Aカルス | | | Bカルス | | | A腐敗 C腐敗 | B腐敗 | | |

切断した根からタンポポへ再生していく過程



「カルス」とは？植物の細胞が増殖していて不定形の塊を作っている状態のもの。そのまま芽や根に分化しないで増え続ける又は増殖を止める場合やそこから芽や根を分化させてくる場がある。



「不定芽」とは？本来、形成される場所でない予期しない部分に形成された芽
 不定芽(カルス経由) 不定芽(直接)



側根(カルス経由)

側根(直接)



考察

切断面修復のために・・・カルス形成
 エネルギー工場である葉を作り出すため
 ・・・・不定芽形成
 水や無機栄養素を取り入れるため・・・側根形成



根で作られた植物ホルモンの作用により
 オーキシジン・・・カルス形成・発根促進・側根形成
 サイトカイニン・・・不定芽形成

(2) 部位 (頂芽側、中央部、根端側) による再生の比較

〈比較した条件〉

- ①根中央部を円柱形に輪切りにしたもの(基準-1)
- ②葉を取り除き頂芽部を切断した茎と胚軸を含む根の上部
- ③茎と胚軸を切り落とした根の上部
- ④根端を含む根の下部
- ⑤根端を切り落とした根の下部

カルスの形成について

頂芽側→中央部→根端側の順に形成

頂芽側切断面の形成層の周囲に多く形成

頂芽側切断面に形成したカルス

条件①

条件②



側根の形成について

根端側→中央部→頂芽側の順に形成

根端に近い場所から形成

下部の周皮から形成した側根

条件⑩



不定芽の形成について

A 不定芽 (カルス経由)

カルスが分化し不定芽形成

頂芽側切断面に形成した

カルス経由の不定芽

条件②



B 不定芽 (直接)

頂芽側切断面の木部と

形成層の盛り上がり

から形成

条件①



考察

カルス・不定芽・側根は、根端や胚軸が含まれた方が再生しやすい

根の部位によって生産される植物ホルモンの量が違うと考える

頂芽側・・・ジベレリンを多く生産 → 不定芽形成

根端側・・・オーキシンを多く生産 → 側根形成

更に・・・

形成された不定芽からオーキシンが生産

頂芽形成されると→側根形成がより促進される

(3) 切断の違いによる再生の比較

〈比較した条件〉

⑥根を縦 1/2 に切ったもの

⑦根を縦 1/4 に切ったもの

⑧外側を剥き中心だけにする (維管束部分を残す)

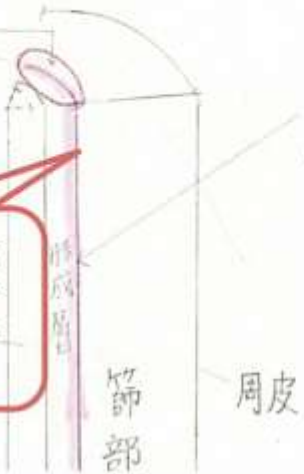
⑨円筒状に外側を残したもの (維管束部分の削除)

カルスの形成について

縦切断した条件⑥⑦は、頂芽側切断面の他に縦切断面の形成層にカルスが形成

どうも大きいコブか
マキにからいぼ状の
ものが発生してきて
いる。

縦の切断面に形成したカルスは頂芽側に近いほど形成が早く大きい部



くり抜いた内側・外側のどちら側の篩部にもカルス形成された

条件⑧



条件⑨



条件⑧の形成されたカルスは全体に小さい

不定芽の形成について

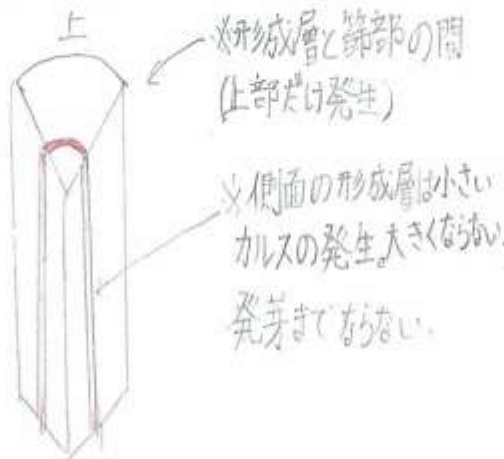
条件⑥縦 1/2

頂芽側切断面のカルスと縦切断面カルスの頂芽側から 2/3 まで不定芽形成



条件⑦縦 1/4

頂芽側切断面のカルスは不定芽形成
縦切断面のカルスからは形成しない



条件⑧

カルス経由の不定芽は形成したが弱々しく
すぐに腐敗してしまった



条件⑨



頂芽側・根端側関係なく
カルス全体から不定芽が形成

側根の形成について

条件⑥⑦不定芽はたくさん再生したが側根は形成されなかった→腐敗した
条件⑧不定芽が形成した後、すぐに腐敗
条件⑨不定芽形成したカルスから側根が形成



考察

カルスの形成・・・篩部・形成層がむき出した方が形成され易い
不定芽の形成・・・根片が小さいく、頂芽側に遠いものは形成しにくい
側根の形成・・・根片が小さいものや周皮で保護されていないものは形成しない
全体として——
根片が小さいもの周皮で保護されていないものは再生しにくく、腐敗しやすい

根の切り方で生産される植物ホルモンの量が違うと考える



根片が小さく生産される植物ホルモンの量が少ない

(4) 置き方 (横置き、縦置き正、縦置き逆さ) による再生の比較

〈比較した条件〉

- ①中間部を円柱形に輪切りにしたもの(基準)——横置き
- ⑩中間部を輪切りにし頂芽側を上部にして縦に置く (正)
- ⑪中間部を輪切りにし根端側を上部にして縦に置く (逆)

カルスの形成について

条件①頂芽側切断面に形成



条件⑩正置き上部にしてある
頂芽側切断面に形成



条件⑪逆置き上部にしてある
根端側切断面に形成



不定芽の形成について

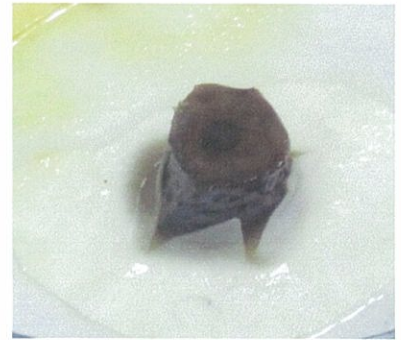
条件①頂芽側切断面に形成



条件⑩正置き上部カルス経由
不定芽形成



条件⑩逆置き腐敗した

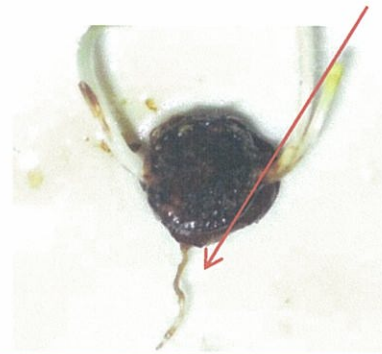


側根の形成について

条件①根端側の周皮から側根(直接)形成



条件⑩正置き下部の周皮から側根(直接)形成



考察

正置き・・・カルス・不定芽・側根が形成された。横置きと差がない

逆置き・・・根Bに小さなカルスの形成がみられたが、他の条件と比較して早い段階で全て腐敗した

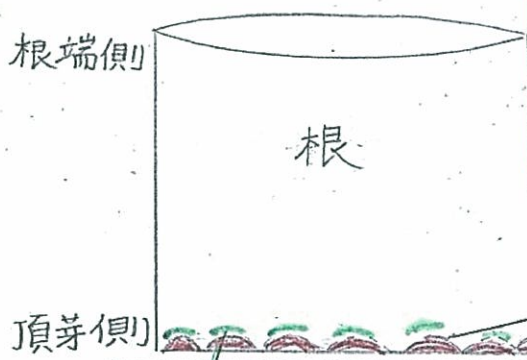
なぜ逆さまに置いた根が早くに腐ってしまったの？

(1)空間・空気・重力の要因

逆さまの根の頂芽側切断面・・・湿ったろ紙に密着→発芽に十分な空気や空間が無い

条件⑩ ぶつ切りを上にして置く(逆)

※逆さまでも植物ホルモンの作用で根の内側にカルス・不定芽がいつでも形成できるように準備されている。



しかし、逆さまのため発芽しようとしても、密着したろ紙と根の重さで発芽できない

湿ったろ紙 (密着して空間・空気がない)

(2) 植物ホルモンの影響の要因・・・オーキシンの影響

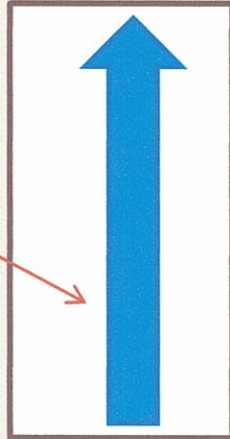
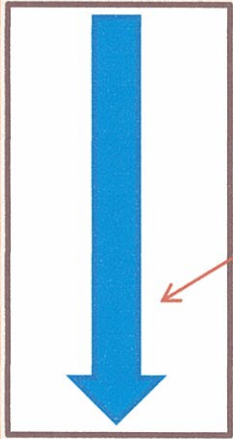
オーキシン・・・カルス形成・発根促進・側根形成・頂芽優勢・極性移動・重力屈性・細胞分裂促進

つくられたオーキシンは根端側に集まる
重力屈性が起こる

オーキシンは細胞から細胞へ運ばれ
頂芽側から根端側への一方通行

根の置き方正
頂芽側

根の置き方逆
根端側

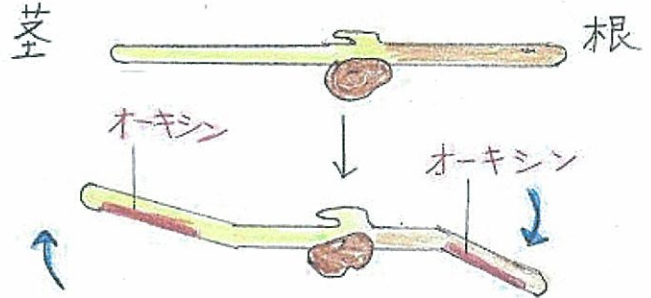


オーキシンの
流れ

根端側

頂芽側

オーキシンの重力屈性について



植物の芽ばえを横にして成長させると、
茎は負の重力屈性、根は正の重力屈性を示す。

オーキシンの重力屈性作用
根端側が根の正の重力屈性

根端側



曲がりたい

曲がりたい

頂芽側

頂芽側が茎の負の重力屈性、

不自然な形に置いた根は自然な元の方
向に戻ろうとするが、根が縦置き
のため自分の重さで下になっ
ている頂芽側がろ紙に密着
して空間もなく、曲がりたく
ても曲がれない

細胞分裂・カルス形成・不定芽形成・側根形成が
うまくできない→腐敗

5. 大考察

観察全体を通して—

根の断片からタンポポとして再生する力が一番強いと感じた条件

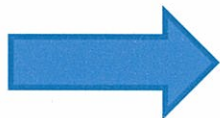
「条件④根端を含む根の下部」

「条件⑤根端を切り落とした根の下部」

カルス形成・不定芽形成は遅かったが、側根の発生は早かった。

観察期間が終わってほかの条件の根が腐敗しても腐らずに成長した。

草食動物に食べられる
人間に引き抜かれる



根の根端側が残る（根端を含む根の下部）

このことから、

根の断片が植物として再生し成長し、生き残っていくための特性が根端側にはある。
この特性は、根端側で生産される植物ホルモンのオーキシンの作用と考えた。

植物は自分自身で移動できないため、その場所で環境の変化に対応するよう進化してきた。

草食動物や虫に食べられたり、人間に引き抜かれて根が途中で切れ、根端だけ残ったりと厳しく大きな変化の中で、残った根の断片だけで植物ホルモンを生産し、バランスを取りながら再び芽をだし植物として成長する強い力を備えていると感じた。

この力は自分を草食動物から守り、再び「植物」として成長し子孫を残す仕事をするための植物の「知恵」だと感じた。

6. 反省と今後の課題

現在、条件①. ②. ④. ⑥. ⑩. ⑪の再現性の実験と新しいほかの条件を加え、実験を行っている。その中から、「なぜこのような結果になったのか？」を選び考えていきたい。

7. 実験協力

筑波大学生物学類生命環境科学研究科

8. 参考文献

- ・「タンポポの根の断片における不定芽形成」 奈良教育大学生物教室 東村 孝子氏
(S61年4月30日)
- ・「タンポポの根の断片における不定根形成」 奈良教育大学生物教室 東村 孝子氏
(S62年4月30日)
- ・「スクエア 最新図説生物」 第一学習社
- ・「キャンベル生物学」 丸善