

## 『ニンニクの根の成長に関する研究』

- 1) **動機** 文化祭のオープニングセレモニーで、時間を短縮して観察したさまざまな生物の変化を紹介してもらった。その中で、ニンニクから出た根がすくすく伸びる様子に驚いた。さらに注意深く観察すると根の先端が首を周期的に振るような現象が観察された。そこで、ニンニクやその他の植物の根や芽の成長について詳しく調べたいと思った。



写真1 成長するニンニクの根



写真2 (発展実験: クレソンの根の成長)

- 2) **目的** ニンニクから出た根は1日に2cm位ずつ伸長する。そこで、デジタルカメラやPCカメラを使い、水中の根を横方向から、10分間に1枚ずつ静止画で記録し、記録した画像をパソコンのディスプレイ上に表示して、その画面上で分析する方法を開発することにした。

ニンニクの根は同時に30本以上が生えるので、観察しやすい根を5本選出し、その根の①“伸長成長量”と②その成長に伴う進行方向に対する左右の“ゆれ”を調べることにした。

(発展) クレソンを使い茎の途中から生える根(不定根)やジャガイモの芽についても、“ゆれ”の現象を調べて、ニンニクの根の結果と比較してみることにした。

- 3) **装置** 200mlのコンカルビーカーにニンニクの鱗茎を置き、数日放置し発根状況の良好な個体について、横方向からデジタルカメラの接写機能とインターバル撮影機能を利用して、根の成長過程を記録した。また、クレソンの不定根についても同様な観察を行なった。

- 4) **記録方法** 記録は10分間隔、5日間行なった。また、3日間の成長過程を高速で観察し、他の根と重ならない順調に成長する根を4本選び、それらを詳細に調べた。(ほとんどの根は下方向にまっすぐ伸びた。そこで記録対象の4本は下方向に伸びる根を選んだ。しかし、途中から根が繁茂して追跡できなくなったことと、測定に思った以上の労力がかかったので、長時分析できたのは2本にとどまった)。画像の閲覧には、フリーソフト“VIX”を使った。

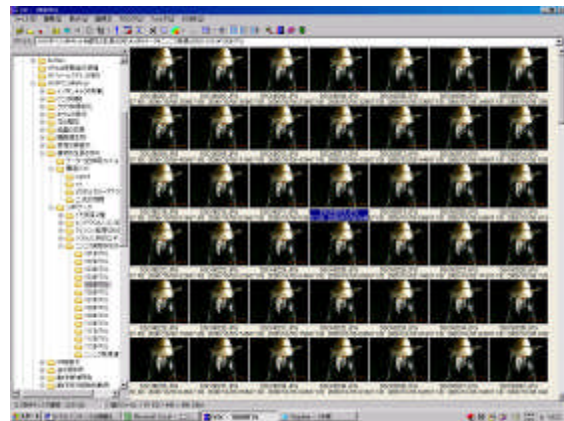


写真3 “VIX”で閲覧した画像

- 5) **分析方法** 画面上での根の先端の微小な変位量は、フリーソフト“二点計測器”を使い、ディスプレイを構成する画像をドット単位で計測した。※フリーソフトには様々なものが公開され

ていたが、使い方がわかりやすく、目的に合うこのソフトを試行錯誤の上で利用することにした。ニンニク、クレソンの根では“伸長量”、“ゆれ”の計測とも10分間隔で分析した。

① “伸長量”の計測：発根直後から発根位置を基点にして根の先端位置にポインターを合わせ、この2点から自動的に計測される最短距離を、ソフトの表示窓からドット数として読み取り、エクセルの表に入力した。また、根は、ほぼ直線状に成長するので、読み取った値を根の長さとした。

【数値の計測の仕方】

- ・フリーソフト“二点計測器”を起動する。
- ・測定基点を打つ。(根の付け根の赤い+)
- ・ポインターを根の先端に当てる。
- ・表示窓の数値を読み取り、記録する。
- ・記録した数値を、エクセルの表に打ち込む。

実測 38mm・画面上では 66mm (240ドット)

基点 (B)

ポインターで指す位置 (P)

表示窓

※画面上1ドットは0.28mmに相当

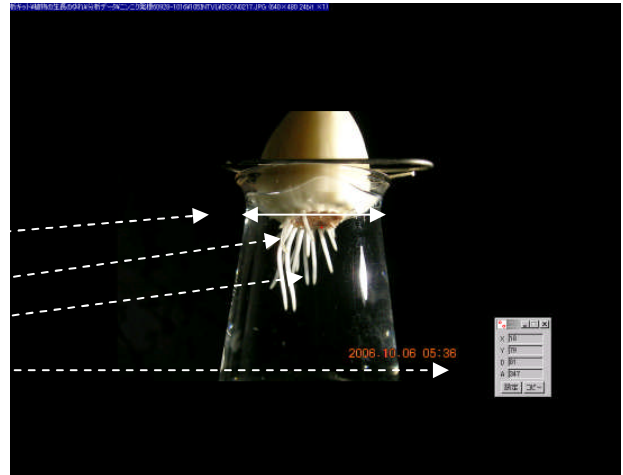


写真7 “二点計測器”の利用方法

《表示窓の数値の意味》

X：PのBに対する水平方向のずれ

Y：PのBに対する垂直方向のずれ

D：PとBの直線距離

A：線分B-Pが垂直下向(0度)

に対して時計方向へとの角度

基点 (B)

表示窓

ポインターで指す位置 (P)

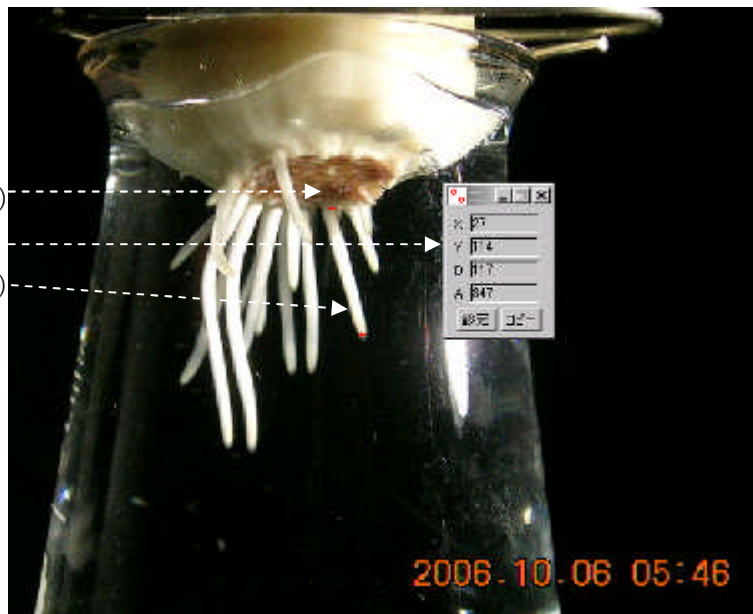


写真8 表示窓の拡大と測定に利用した“X”、“D”値

② “ゆれ”の計測：フリーソフト“二点間距離”は、示された2点間の距離を表示する他に、2点の水平距離(x軸方向の変位量)を表示することができるので、発根した位置に対する根の先端の位置(ポインターで追尾する)の水平距離を、ソフトの表示窓の“X(座標値)”からドット数として読み取り、エクセルの表に入力した。※この場合、根がゆれた時の変移量を正確に示すことはできないが、測定値から描かれたグラフの上下変動を見ることで、“ゆれ”の存在とその周期を調べることができると判断した。

③ 5本の根の長さ、先端部分のX軸方向変位のデータをグラフ化して、その変化を対比して考察した。また、X軸方向変位のグラフから目測で凹部位を特定し、周期を求めた(グラフの凹凸における最下部〔谷の部位〕に線をひいた)。

《発展実験》クレソンの根でも“伸長量”の計測・“ゆれ”の計測とも5分間隔で記録、分析した。  
 方法：クレソンの莖を15cm程度に切り、ビーカー（500ml）に水差しにした。  
 4～5日して生えた根（不定根）の内、成長の早い3本について、ニンニクの根と同様な計測と分析を行なった。

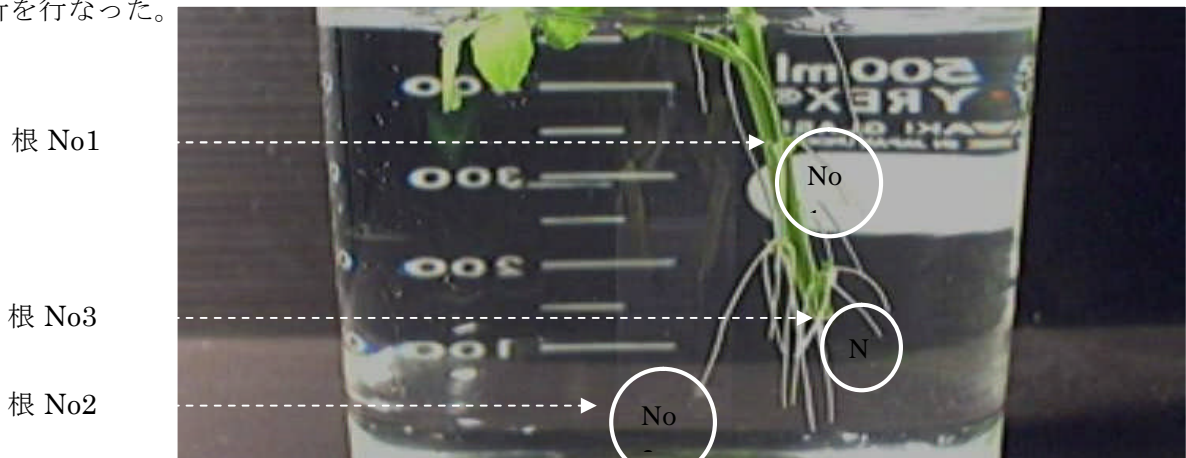


写真11（発展実験）測定に利用したクレソンの不定根（分析にはNo1、No2を利用した）  
 観察には500mlビーカーし、根の測定を行った部分の直径は60mmであったことから、クレソンの計測の場合、1ドットは0.14mmに相当することを確認めた。

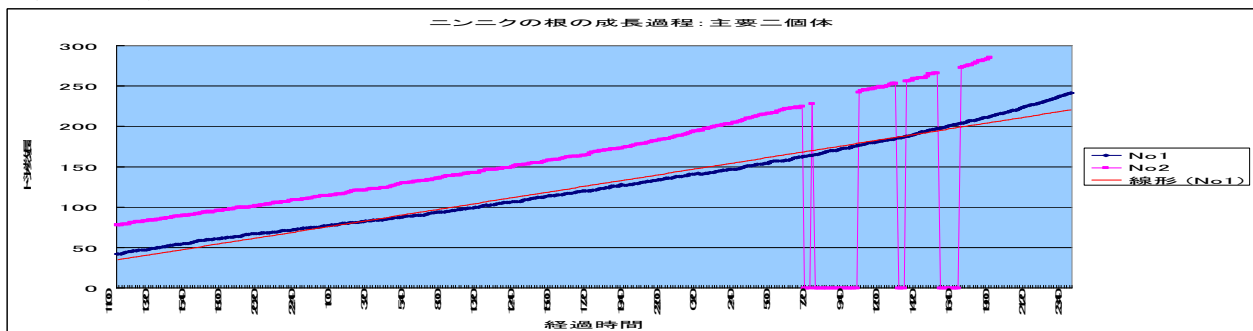


写真13 ニンニクの根の分析風景

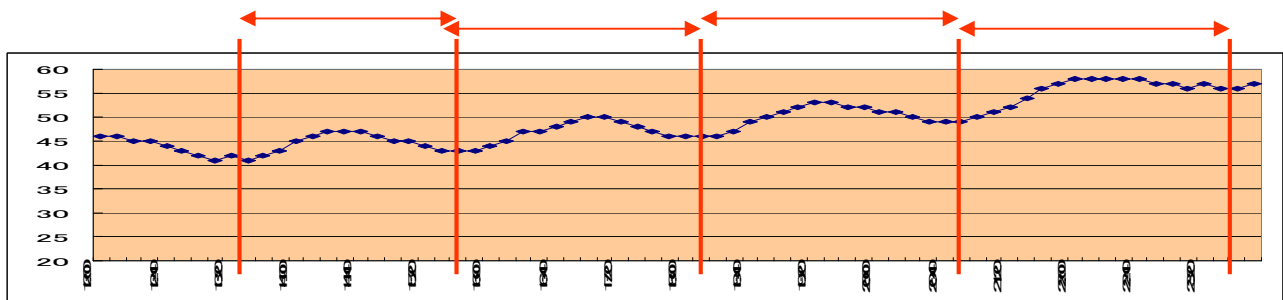


写真14 クレソンの根の分析風景

## 6) 結果 ①ニンニクの根について

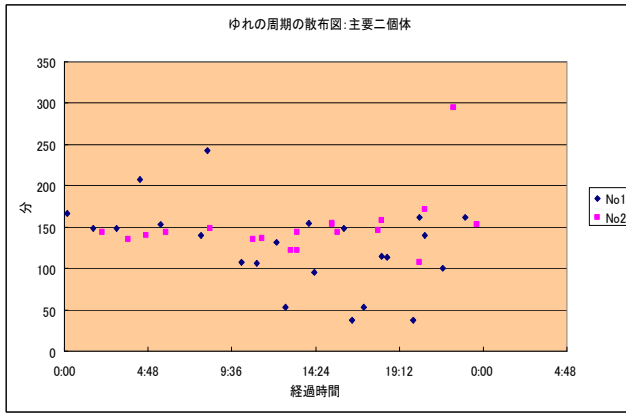


グラフ1 ニンニクの根1・2、成長量のグラフ

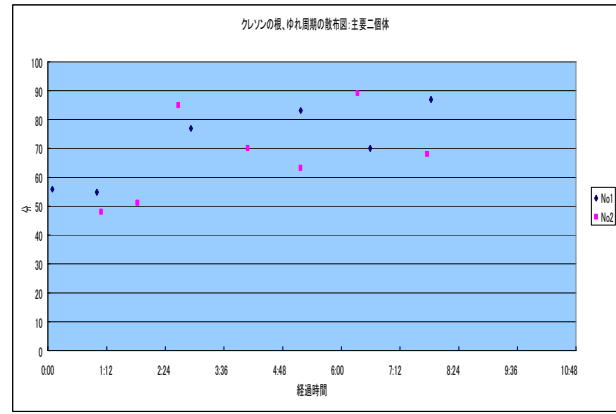


グラフ2 線の上変動から求めた、“ゆれ”の周期分析用のグラフ（例：ニンニクの根1）  
 760分





グラフ3 ニンニク根の周期の散布図



グラフ4 クレソン根の周期の散布図

## 7) 結論

### ①ニンニクの根について

(成長速度について)・主要2個体について、No1では平均0.92mm/時、No2では平均1.03mm/時でほぼ1mm/時である。・成長速度はほぼ一定であるが、根の長さが5cm程度になるとやや成長速度が大きくなる。

(“ゆれ”について)・多量に生える根は、ほぼどの根も先端がゆれながら伸びる。・根のゆれは多くの場合振幅が大きくなったり、小さくなったりを繰り返す。・主要2個体の周期については、No1ではほぼ150分で一定している、No2では50~150分とばらつきはあるものの100~150分に集中している。

### ②発展実験：クレソンの根

(成長速度について)・主要2個体について、No1では平均0.59mm(4.2ドット)/時、No2では平均0.38mm(2.7ドット)/時でほぼ0.5mm/時である。個体毎にほぼ一定の速度で伸びている。

(“ゆれ”について)・多量に生える根は、ほぼどの根も先端がゆれながら伸びる。・根のゆれは多くの場合振幅が大きくなったり、小さくなったりを繰り返す。・主要2個体の周期については、No1、No2ともに50~90分とばらつきはあるものの、平均の周期は70~80分に集中している。・ニンニクの根の“ゆれ”に比べ1/2程度である。

## 8) 考察と発展

### ① 根のゆれる方向と観察方向の関係について

今回、ニンニクの根を、コニカルビーカーを使い発根させた。また、その様子をデジタルカメラの接写機能を使い記録した。そして記録された画像を用いて、成長量やゆれを精密に分析した。この方法についていくつかの問題点に気が付いた。1つは、円筒に近い円錐型の、ガラスの容器内の根が屈折した像として記録されていないかである。これに対しては記録された画像を繰り返し観察したところ、今回分析の対象とした4本の根に関しては水から上げて直接観察した根の形とビーカー内で観察される根の形に大きな違いを感じるほどの屈折はないように見られた。この疑問に対する検証には、ビーカー内の観察対象となる根の位置に、5mm方眼を書いたプレートを沈ませ、方眼のゆがみを調べたが、歪みの影響はほとんど無かった。

今回の分析結果については、ゆれが大きく観察される時期とゆれがあまり観察されなくなる時期が見られた。ゆれの減衰は、A“ゆれは平面的に往復し、その平面が回転するため”、B“ゆれは根の成長のある時期にだけ現れ、成長が進むにつれて減衰していくため”のどちらかと考えられる。この疑問については、同時に2方向から撮影するか、根の成長方向からその動きを撮影することで解決できると思われる。今後、工夫していきたい。

## ② 根の生える方向とゆれの方向について

①で述べたような疑問がわいたため、画像を何回も繰り返し高速提示で確認した。その結果、向かって左右の下方方向に広がりながら成長する根は、手前下方方向に成長する根に比べて、ゆれの大きさが大きいように思われた。しかし、この現象は根がまだ2～4 cmのときに見られ、6～8 cmまで伸びてくるとその傾向は見られなくなった。

もしかすると、根の生え始めのころは、根は下図のようにその先端が中心方向と外側方向を繰り返し向くような、ゆれ方をしているのかもしれない。

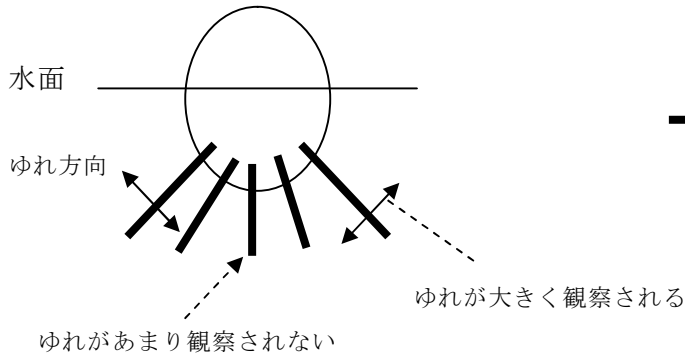


図1 横から見た根

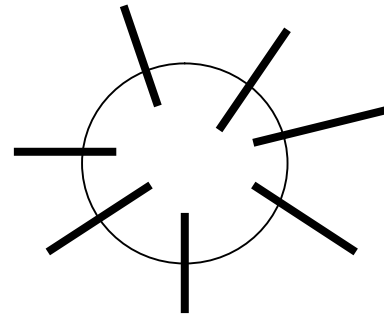


図2 下から見た根

## ③ 根以外の器官の成長と“ゆれ”について

芽の出たジャガイモを切断して、シャーレに水をはってつけておいたところ、多数の芽が成長してきた。その様子を5分毎にコンピューターとPCカメラを使い記録したことがある。その画像を高速提示で確認したところ、やはり左右にゆれる現象を確認することができた。

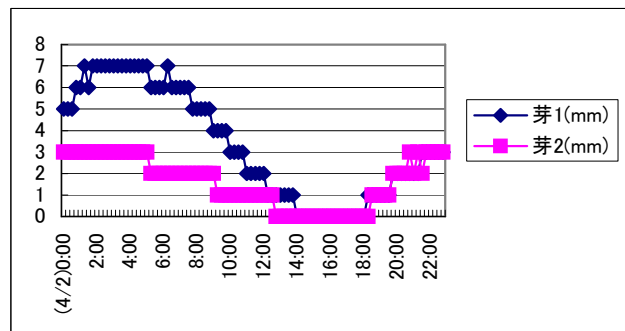
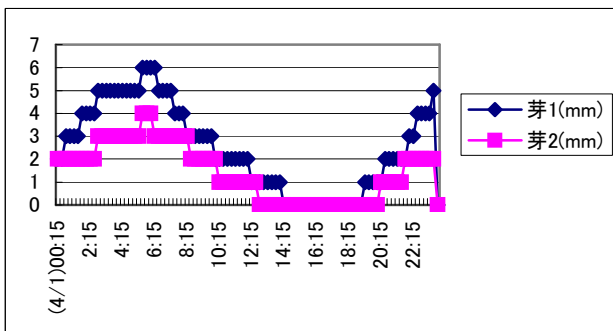
そこで、その多量の記録画像をA4の写真用紙に20枚ずつ印刷し、その印刷した画像から、定規を使い芽の先端が左右にゆれる動きを計測したことがある。その結果は、今回のようにディスプレイ上で精密に測定することはできなかったものの、芽の先端にゆれを検出することができた。ジャガイモの芽のゆれでは、何本かの芽が同調的に動くという興味深い観察結果が見られる、この点についても今後、ソフト“二点間計測”を使い調べたいと思う。



写真17 ジャガイモの芽の成長



写真18 シクラメンの芽でもゆれが見られる



グラフ1 ジャガイモの芽の成長 (単位: mm) 出力プリント上の芽の像を定規で計測