

遠心力と重力屈性

今治なつみ 宮本由夏

【概要】

幼葉鞘に遠心力をかけると茎や根に影響があるのかを調べるために、幼葉鞘を回転させ、1時間おきに観察した。また遠心力の大きさもいろいろ変えてみた。

その結果、まっすぐ上に向いて伸びていた幼葉鞘が回転の中心にむかって、すなわち重力と遠心力の合力の方向に屈曲していた。また、回す時間が長いほど、かかる遠心力が大きいほど、屈曲した角度が大きいことがわかった。以上より、遠心力が幼葉鞘の屈曲に影響を及ぼすことがわかった。

We did some experiments to examine if centrifugal force has any effects on the growth of sprouts. We spun the sprouts changing the amount of centrifugal force, and observed them every hour. As a result, the sprouts curved toward the shaft, that is, the opposite direction of the resultant force of centrifugal force and gravity; though at first they were growing straight up. We also found that the sprouts curved more depending on how long they had been spinning and the amount of centrifugal force. Therefore, we can conclude that, the centrifugal force has effects on the growth of sprouts.

【動機】

植物は、光の方を向く。生物の教科書に、その現象について書いてあり、オーキシンという成長促進物質が関係していることがわかり、興味を持った。

植物の屈曲は光だけでなく重力の影響も受け、オーキシンは根や茎では垂直方向には重力に従って移動し、茎はオーキシンが成長を促進させたのとは反対方向へ屈曲する。通常、重力は上から下へ向いてかかるので、暗室中で幼葉鞘はまっすぐ上に伸びる。私たちは、幼葉鞘に重力以外の力、たとえば遠心力をかけると、茎や根の屈曲に影響があるのではないかと思い、調べてみることにした。

【仮説】

遠心力は植物の重力屈性に影響をおよぼす。

普通、幼葉鞘には上から下に重力がかかっているため、幼葉鞘は真っ直ぐ上にのび、負の重力屈性を示す。そこで、幼葉鞘を回転させると、重力に加えて遠心力がかかるので、幼葉鞘は、重力と遠心力の合力の逆向きに成長するのではないかと考えた。

(図1)

植物の成長の向き

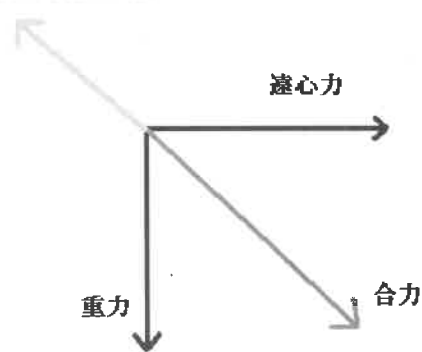


図1

【実験材料】

(1) 栽培

エン麦の種[(有)エイム クリエイティブ]、土、バット、インキュベーター

※エン麦の育て方

- ①バットの3分の2まで花栽培用の土を入れる。
- ②芽が出る方を上にして植える。
- ③インキュベーターに入れ、毎日夕方に200~300ml水をやる。
- ④実験に適する長さ(3~4cm)になるまで育てる。

(2) 自作簡易暗室 (図2)

段ボール、黒のごみ袋、ガムテープ

※簡易暗室の作成方法

25cm×30cm×35cmほど(回転装置にすっぽりかぶせられるくらい)の大きさの段ボールを用意し、ダンボールの底を切り取る。黒のごみ袋を二重にして、ダンボールの中にガムテープで隙間なくはり、光が入るのを防ぐ。



図2 簡易暗室

(3) 自作回転装置

モーター [株式会社タミヤ製]、アクリル板、針金、木材、釘、厚紙、電源装置、ワニロクリップ付導線、はんだ、はんだごて、アクリルカッター、溶剤型合成樹脂用接着剤、木工用ボンド

※自作回転装置の作成方法

- ①市販のモーターを組み立てる。
- ②アクリルカッターを使い、半径5cmの円を2つ、3cm×8cmの長方形を2つ、アクリル板から切り取り、切り取ったアクリル板の2枚の円の中心に穴をあける。
- ④溶剤型合成樹脂用接着剤で切り取ったアクリル板を組み立てる。(図3-1)。2枚の円盤を2枚の長方形の柱で支えるようにする。2枚の長方形はそれぞれ円盤に垂直に立て、長方形同士は平行で互いの距離は約4cm離す。
- ⑤モーターと組み立てたアクリル板とをネジで固定する。
- ⑥モーターを固定するための台を木材・釘・木工用ボンドを使い作る。台にモーターを釘・金具を使い固定する。
- ⑦厚紙で幼葉鞘を固定するための円盤を作る(注1)。
- ⑧アクリルの上の板の中心の穴と円盤の中

心の穴に針金を垂直に通し、さらに円盤をガムテープなどで横のアクリルの柱に固定する。

- ⑨モーター部分を電源装置につなぐ。(図3-2)

(注1) 円盤の作成方法

- ①厚紙から図4のような図形を切り取る。
- ②図4のように適当に1cmおきに点をとる。
- ③中心の点とその他の点数個にキリなどで穴を開ける。(中心の穴には回転させるとき中心となる針金の軸を通す。その他の穴には幼葉鞘を固定するので少し大きめの穴を開ける。)

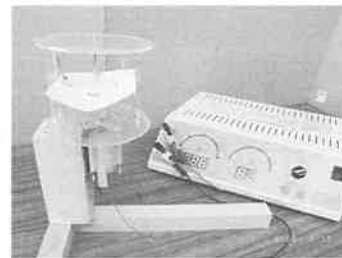


図3-1 回転装置

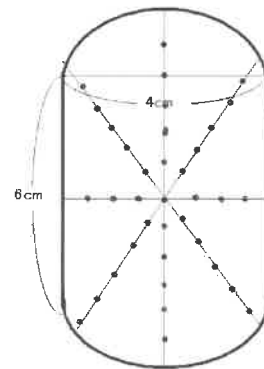


図3-2 円盤の模式図

(4) 実験・記録

脱脂綿、アルミホイル、方眼用紙

- ①幼葉鞘が回転実験をしている間に枯れるのを防ぐため、脱脂綿に水を含ませ、根にまきつけ、その上からアルミホイルでまく。
- ②方眼用紙の上に置き、1時間ごとに記録・観察する。

【実験方法】

- (1) エン麦を実験に適する長さ(3~4 cm)になるまで「4. 材料・器具」に書いてある方法でインキュベーターの中で育てる。
- (2) エン麦の幼葉鞘や根を傷つけないように土から掘り出し、根を軽く水でゆすいで土を落とす。脱脂綿に水を含ませ、根の周りに巻き、その上からアルミホイル等で巻く。
- (3) エン麦5~6本を円盤の穴にセットする。このとき、エン麦の種の部分だけが円盤と接するようにする。円盤は、回転と平行になるようにする。
- (4) エン麦をセットした円盤を自作回転装置に取り付け、回転装置のモーターと電源装置をワニ口クリップなどでつなぐ。
- (5) 回転装置の部分のみに簡易暗室をかぶせ、完全に光が入らないようにする。
- (6) 回転装置を簡易暗室の中で5~8時間回転させる(電源装置は2.1V、0.6Aに設定する)。
- (7) 1時間おきに記録・観察する。

【実験結果】

- ・ 電源装置は2.1V、0.5Aに設定した。
- ・ 1回転する時間(周期)の平均は1.01秒だった。
- ・ 回転の半径はそれぞれ1 cm、2 cm、3 cm、4 cmで実験した。

<遠心力の求め方>

遠心力をF(N)、幼葉鞘(アルミホイルと脱脂綿を巻いたもの)の質量をm(g)、角速度を ω 、周期をT(s)とすると、

$$F = m r \omega^2$$

$$= m r \times 2\pi / T$$

で求められる。

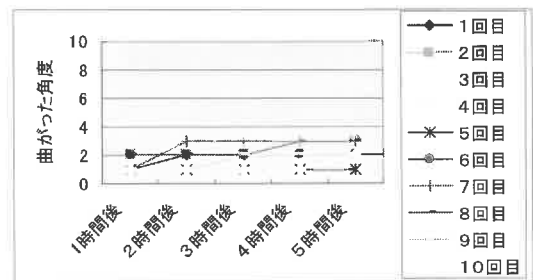
※ 表中の

m・・・アルミホイルと脱脂綿を巻いた幼葉鞘の質量(g)

F・・・かかった遠心力(N)

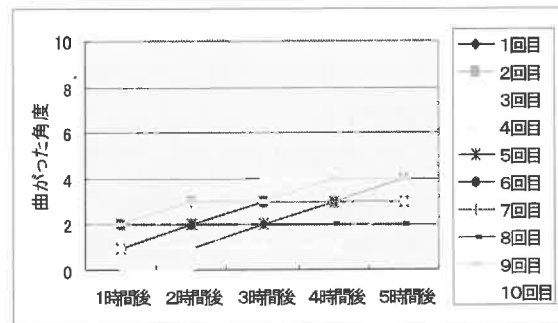
(1) 回転半径1 cmのとき

(回目)	m	F	曲がった角度	
			1時間後	5時間後
1	0.53	3.36	1	2
2	0.45	2.80	2	3
3	0.65	4.04	1	3
4	0.62	3.85	1	2
5	0.44	2.74	1	1
6	0.57	3.54	2	2
7	0.72	4.48	1	3
8	0.66	4.10	2	3
9	0.56	3.48	1	2
10	0.49	3.05	1	2



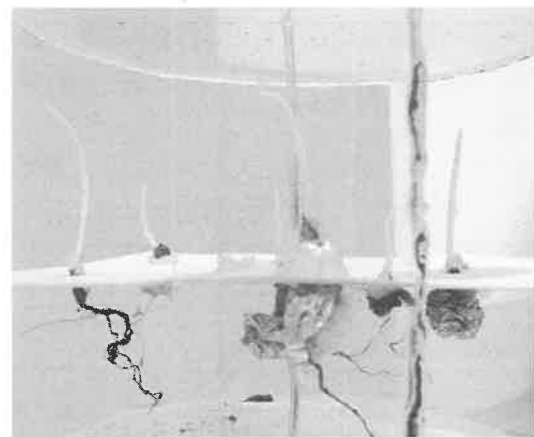
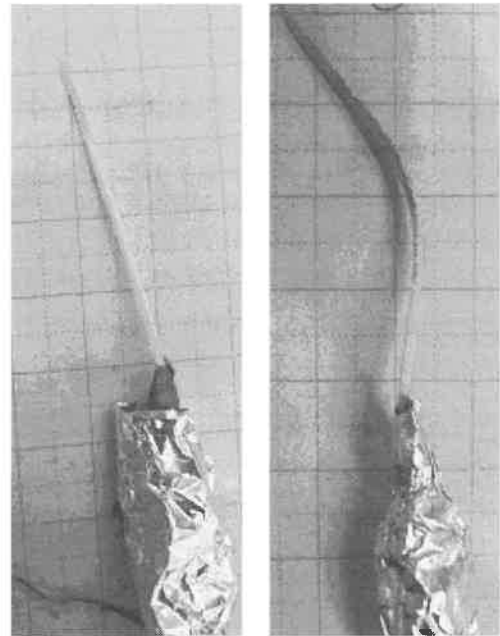
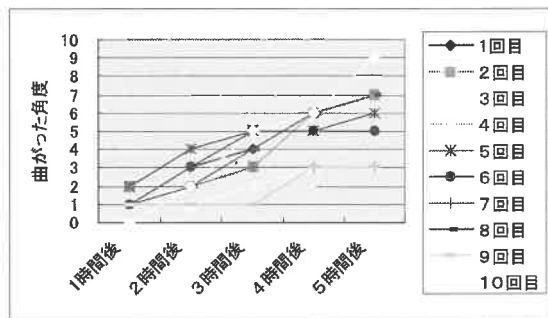
(2) 回転半径2 cmのとき

(回目)	m	F	曲がった角度	
			1時間後	5時間後
1	0.48	6.00	1	3
2	0.63	7.83	2	4
3	0.52	6.47	1	4
4	0.53	6.59	0	2
5	0.45	5.60	1	3
6	0.62	7.71	2	3
7	0.72	8.95	2	3
8	0.54	6.72	1	2
9	0.58	7.21	2	4
10	0.49	6.09	1	3



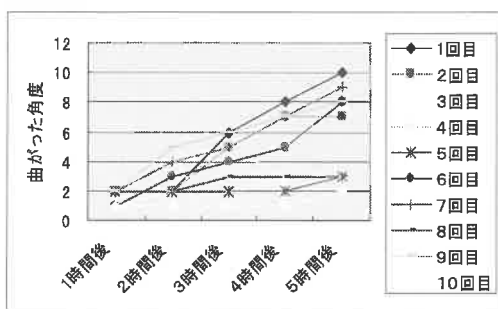
(3) 回転半径 3 cm のとき

(回目)	m	F	曲がった角度	
			1時間後	5時間後
1	0.74	13.8	1	9
2	0.66	12.3	2	7
3	0.50	9.33	1	3
4	0.46	8.58	2	3
5	0.64	12.0	2	6
6	0.56	10.4	1	5
7	0.48	8.95	2	3
8	0.61	11.4	1	7
9	0.52	9.70	1	3
10	0.67	12.6	0	9



(4) 回転半径 4 cm のとき

(回目)	m	F	曲がった角度	
			1時間後	5時間後
1	0.49	12.2	1	10
2	0.54	13.4	2	7
3	0.57	14.2	1	3
4	0.56	14.0	1	5
5	0.61	15.5	2	3
6	0.66	16.4	1	8
7	0.52	12.9	2	9
8	0.61	15.2	2	3
9	0.71	17.7	2	8
10	0.51	12.7	1	2



この実験から、遠心力が幼葉鞘の屈曲に影響を及ぼすことがわかった。

また、遠心力が大きいほど、遠心力をかける時間が長いほど、幼葉鞘の屈曲の角度が大きくなることがわかった。

【考察】

実験の結果より、エン麦の幼葉鞘を回してみると、まっすぐ伸びていた幼葉鞘が重力と遠心力の合力と逆向きに屈曲した。よって、遠心力は幼葉鞘の屈曲に影響を及ぼし、また、幼葉鞘はかかった力の向きの逆向きに成長することがわかった。

これは、動機で述べた幼葉鞘のオーキシンの移動が、遠心力に影響されたためと考えられる。

通常重力に従い下に移動するオーキシンが、遠心力の影響で、重力と遠心力の合力の向きに移動し、オーキシンの濃度に偏りが出来たと考えられる。植物の茎側では、オーキシンが薄い側に屈曲し、根は

オーキシンの濃い側に屈曲するので、幼葉鞘は重力と遠心力の合力と逆向きに屈曲したと考えられる。

また、遠心力の大きさによって屈曲の角度に違いがみられたが、これはオーキシンの濃度の偏りが、遠心力の大きさによって違ったためと考えられる。

しかしその屈曲の向きは幼葉鞘の個体によってばらばらで、必ずしも幼葉鞘が仮説で考えた向き（重力と遠心力の合力と逆向き）に屈曲したわけではなく、外向きに屈曲したものもあった。

これは、エン麦が風による影響を受けたと考えられる。自作の簡易暗室をかぶせていたものの、回転装置より少し大きかったため、簡易暗室の中で風が生じたのではないだろうか。そして風の影響をうけて、幼葉鞘が外向きに屈曲したのではないだろうか。

そこで風の影響を防ぐには、回転装置が入るぎりぎりの大きさの円柱形の囲いをプラスチックなどで作り、回転台の部分を改良することが必要と思われる。このようにすることにより、大幅に風を防ぐ事ができるだろう。

今回の実験では、実験対象とした植物がエン麦だけであり、一定の向きにしか遠心力をかけることができなかったため、他の様々な植物でも実験し、色々な向きから遠心力をかけ、何度も実験してみることが今後の課題だといえる。

【結論】

- ・ 遠心力は幼葉鞘の成長と屈曲に影響を与える。
また、幼葉鞘は、重力と遠心力の合力の向きに屈曲する。
- ・ 遠心力が大きいほど幼葉鞘が屈曲する角度が大きく、また回す時間が長くなるほど屈曲する角度が大きい。

【参考文献】

『生物 I』 東京書籍

石川 統 ほか 21 名著