

6 ウキクサ増殖に関する実験

1 研究の動機

3年理系生物5単位選択者8人は、2学期になって生物の授業で、個体群の生長曲線について学習した。授業では、生徒一人一人が自分の用意した入れ物に、培養液とウキクサの葉10枚を入れて誰のウキクサが1番増殖するかのコンテストを行った。このときのウキクサの増殖過程に興味をもって実験を始めることにした。

2 目的

初めに講座の8人の生徒が各自設定した培養条件と、各条件での増殖の仕方の違いを比較した。その結果、増殖に影響を与えると思われる要因として次のものを考えた。

1 生物学的環境要因

水の性質：水道水、ウキクサ増殖用大水槽の水、金魚の水槽の水、海水を利用する。
(水道水には消毒用の塩素が含まれていることも考えに入れた)

水に入れる添加物：ウキクサ水槽の沈殿物、液肥（市販されているハイポネックス）、エタノール（1学期の個人探究活動で、ある生徒がカナダモの原形質流動に薄いエタノールが流動速度を飛躍的に速めることを発見したことから、増殖にも促進的に働かないかと考え、試してみた）の影響を調べる。

2 物理学的環境要因

光の強さ：窓際の直射日光のさす明るい場所、生物実験室の奥のやや明るい場所で調べる。〔発展実験では、蛍光灯と照度計を使いより精密な実験を行った〕

培養水槽の大きさ：100cc程度から3ℓの各自用意した水槽（容器）を利用し容器の大きさの影響を調べる。〔発展実験では、市販されている使い捨てプラスチックコップや300mlビーカーなど一定容積の容器を利用した〕

3 その他の実験

ウォーターレタス（外国産の大型ウキクサ、園芸店で市販されている）を利用した観察を行う。

生長、増殖する葉の面積を、PC（パーソナルコンピュータ）を利用して効率よく測定するための工夫を行う（フリーソフトの活用）。

ウキクサ増殖の様子を、時間を短縮して視覚的に観察するための工夫を行う（ビデオカメラ・PCカメラの利用）。

以上のような観察方針から次のような実験項目を設定した。

基本実験『いろいろな条件での、ウキクサの増殖の観察』

発展実験1『エチルアルコール添加による増殖に対する影響の観察』

発展実験2『市販液肥（ハイポネックス）の添加による増殖に対する影響の増殖の観察』

発展実験3『照度の影響の観察』

発展実験4『ウキクサの増殖の連続過程を視覚的に詳細に観察』

発展実験5『ウォーターレタスの増殖観察』

発展実験6『PCを利用した葉の生長量の分析』

3 実験方法・操作

基本実験『いろいろな条件で、ウキクサの増殖の観察』

A 材料：ヒメウキクサ（長泉町桃沢の水と緑の森公園で採取し生物室で増殖させたものを利用）、各種培養容器、海水、液肥、エチルアルコール、記録用紙



使用した液肥・エタノール・ウキクサ

B 操作：①様々な条件【添加物・光量・各種容器】におかれた容器に等しい大きさの10枚のウキクサを入れる。②長径2mm以上の葉を測

測定対象として1週間に2～3回葉の数をカウントする。(測定者を4人決め同じ基準で測定する)

③測定値を元にグラフを作り分析する。

発展実験1 『エチルアルコール添加による増殖の観察』

A 材料：ヒメウキクサ、市販されている使い捨てプラスチックコップ、

エチルアルコール、記録用紙【アルコールの濃度】(0%、1%、2%、5%、10%)

B 操作：①各濃度2容器ずつ用意する。10枚のウキクサを入れる。②長径2mm以上の葉を測定対象として1週間に2～3回葉の数をカウントする。(容器は窓辺に置き、光の条件は等しくする)③容器には水面のレベルに印を付け、水が蒸発したら分だけ、汲み置き水を補充する。④測定値を元にグラフを作り分析する。

発展実験2 『市販の液肥(ハイポネックス)の添加による増殖の観察』

A 材料：ヒメウキクサ、300ml ビーカー、市販の液肥(ハイポネックス)、記録用紙【液肥の濃度】(0%、0.01%、0.1%、1%、2%、5%) (容器は窓辺に置き、光の条件は等しくする)

B 操作：①各濃度2容器ずつ用意する。10枚のウキクサを入れる。②長径2mm以上の葉を測定対象として1週間に2～3回葉の数をカウントする。③容器には水面のレベルに印を付け、水が蒸発したら分だけ、汲み置き水を補充する。④測定値を元にグラフを作り分析する。



エタノール・液肥の実験 照度の実験

発展実験3 『照度の影響の観察』

A 材料：ヒメウキクサ、300ml ビーカー、20W 昼白色光の蛍光灯、照度計、60cm 水槽、0.1%液肥(ハイポネックス)の培養液、アルミ箔、記録用紙【照度】(5000ルクス、2000ルクス、300ルクス、20ルクス)

B 操作：①各照度2容器ずつ用意する。10枚のウキクサを入れる。②長径2mm以上の葉を

測定対象として1週間に2～3回葉の数をカウントする。③容器には水面のレベルに印を付け、水が蒸発したらその分だけ、汲み置き水を補充する。④測定値を元にグラフを作り分析する。

発展実験4 『ウキクサの増殖の連続過程を視覚的に詳細に観察』

A 材料：PCカメラ、PC、DVビデオカメラ、ライト、3脚、カメラスタンド、管ピン、200ml ビーカー



ビデオとPCカメラによる記録

B 操作：①0.1%液肥(ハイポネックス)に多数、または少数のウキクサを入れて、PCカメラ、またはDVビデオカメラ、の下に置き記録する。

PCカメラの場合：30～60分毎に10KB程度の静止画像を自動記録させる。

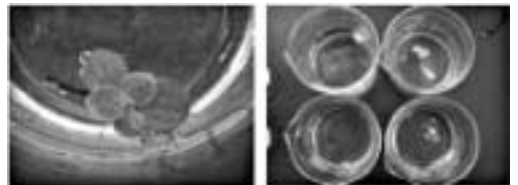
再生は画像表示ソフト“VIX”で連続表示し動画風に観察する。

DVカメラの場合：15分毎0.2秒間の間欠コマ撮り(タイムラプス撮影)をする。

②PCのモニターまたはテレビ画面で観察し、必要な画像はプリンターで出力する。DVビデオの画像についても静止画ファイルに変換してプリンターで出力して分析する。

発展実験5 『ウォーターレタスの増殖観察』

A 材料：ヒメウキクサ、300ml ビーカー、0.1%液肥(ハイポネックス)培養液、記録用紙【液肥の濃度】(0%、0.1%)



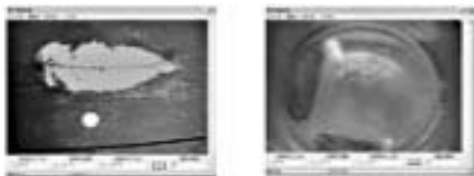
ウォーターレタスと実験装置

B 操作：①各濃度2容器ずつ用意する。大ききの等しい1株のウキクサを入れる。②長径5mm以上の葉を測定対象として1週間に2～3回葉の数をカウントする。③容器には水面のレベルに印を付け、水が蒸発したら分だけ、汲み置

き水を補充する。④測定値を元にグラフを作り分析する。

発展実験6 『PC を利用した葉の生長量の分析』

A 材料：発展実験4で記録したウキクサ静止画像、フリーソフト“tenten”



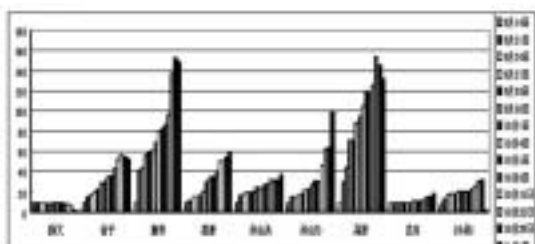
ソフトに取り込んだ画像の処理風景

B 操作：①一定時間毎（24時間毎）のウキクサの記録画像をソフト“tenten”に取り込む。②ウキクサの葉の部位を背景から認識させる。③認識した葉の部位について、その画像を構成するドット数をソフトでカウントさせる。④写真上で既に面積がわかっている部位（枯葉の場合は1円玉）のドット数とその面積（ $0.5 \times 0.5 \times 3.14$ ヘーホーセンチメートル）をソフトに取り込ませる。⑤ ③と④の関係からウキクサの葉の面積を算出する。

備考：現在はまだこのソフトの利用に向けていろいろと工夫している。特に、葉を背景と明確に判別させることがうまくいかない。また、ウキクサと比較する面積のわかっている適切な構造物の選定を現在検討している。

4 実験結果

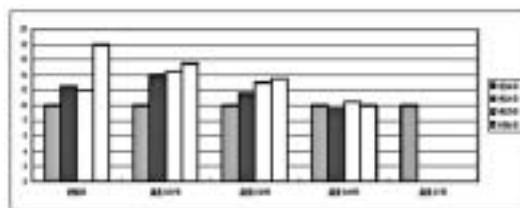
基本実験『いろいろな条件で、ウキクサの増殖の観察』



8人の講座生徒の60日間の増殖過程

40日くらいまでは増加を続けたが、このころになると減少（枯れる葉が出現）する傾向が現れた。理由としては、肥料分の減少や気温の低下などが考えられる。

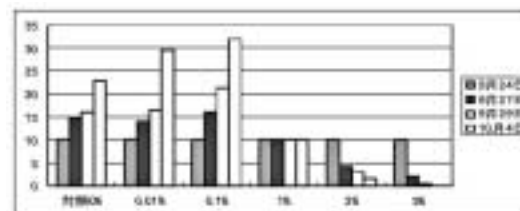
発展実験1 『エチルアルコール添加による増殖の観察』



エタノール添加による影響

2週間後の結果を見るとエタノールのない対象実験で増加数が最も多いが、5日目くらいまでは、エタノール0.01%の濃度のほうが増加数で上回っている。増加が見られるのは、0.02%くらいまでで、0.05%では増加が抑制される。0.1%ではすぐに枯れる。

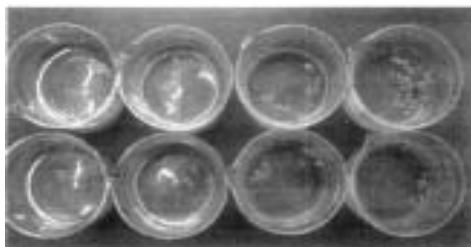
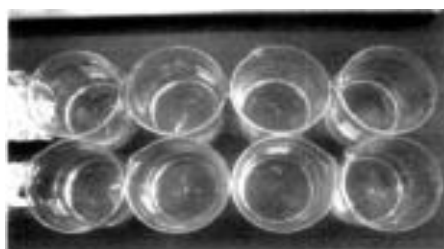
発展実験2 『市販の液肥（ハイポネックス）の添加による増殖の観察』



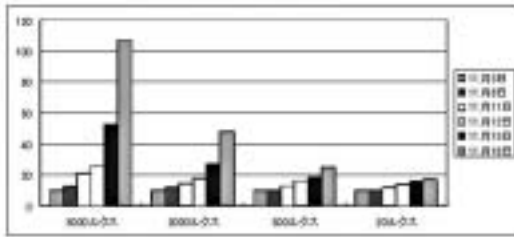
液肥（ハイポネックス）添加による影響

市販の液肥（ハイポネックス）は0.1%位までは、濃度増加とともに葉の増殖が促進される。1%では、濃すぎるせいか、葉の増殖が抑制される。1%を超えると、葉の減少が見られる。5%では数日のうちに枯れてしまう。

発展実験3 『照度の影響の観察』



観察2週間後の様子

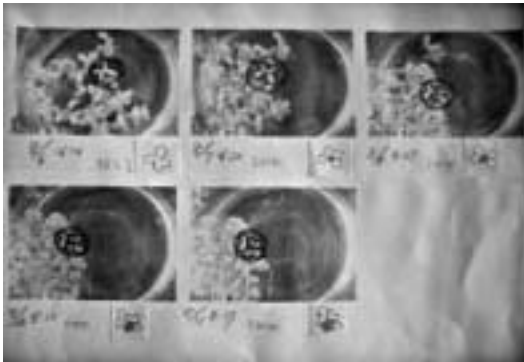


照度毎の増殖速度の違い

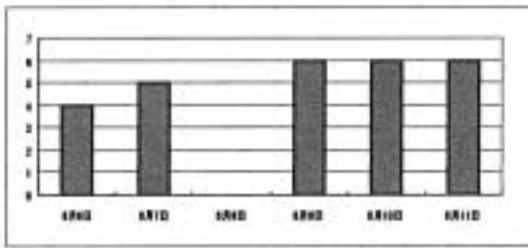
5000ルクスと2000ルクスでは、指数関数的増加が見られた。5000ルクスでは2週間で11倍、

2000ルクスでは5倍と光が強いほど増殖が著しく促進される。20ルクスでもやや増加が見られた。(5000ルクス以上、20ルクス以下の実験も今後は行う必要がある)

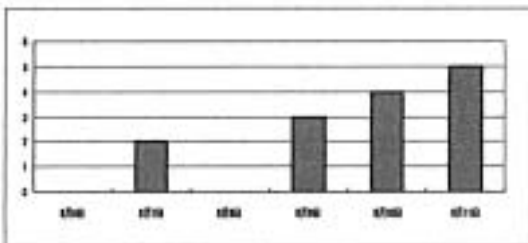
発展実験4『ウキクサの増殖の連続過程を視覚的に詳細に観察』 記録した写真の分析↓



プリントアウトして分析した様子



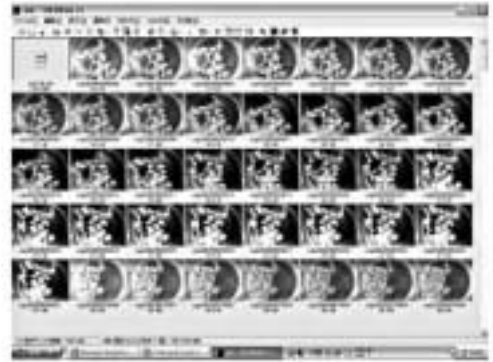
印をつけた株の葉数の増加



1枚の葉の生長量 (長径)

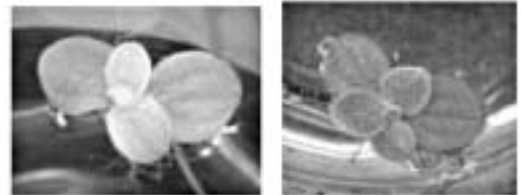
枚数は平均約3日間で2枚増加している。大きさ

は平均約4日間で、姿が見えなかった状態から、長径5mmの葉に生長している。



10分毎に記録したPCカメラの記録画像

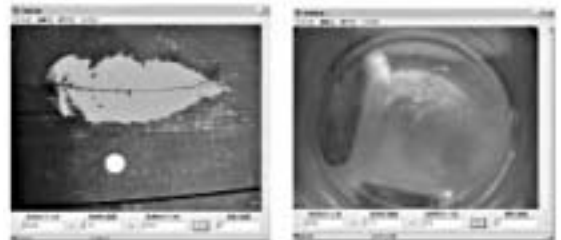
発展実験5『ウォーターレタスの増殖観察』



観察開始時 (左) と4日経過後 (右)

水でも液肥でもある程度の葉の生長が見られる。その生長は液肥でやや早い。それ以上に液肥の方で、葉の緑が濃くなるのがわかる。

発展実験6『PCを利用した葉の生長量の分析』



フリーソフト『tenten』での分析画像

枯葉の場合は、バックに色々な色の紙を置くことで、葉を認識しやすくすることができることがわかった。また、1円玉を面積の基準として利用することがわかった。ウキクサの場合は、水に浮かんでいることや、水には色々な光が複雑に映りこんでいることから葉だけを認識させることがとても難しいことや、一定の面積を持つ構造でしかもウキクサの近くにおくことのできるものを探すことで、現在苦心している。

5 結論

基本実験『いろいろな条件での、ウキクサの増

殖の観察』より

①増殖の効果が高いのは、“ウキクサ培養の大型水槽の水と沈殿物”、“液肥を含む培養液”である。②海水を多量に混合した溶液では、増殖が見られない。しかし、2週間以上枯れずに緑色を保つ。③窓辺の光の多い条件（9～11月の場合）の方が増殖しやすい。④水道水だけの条件では増殖しない。

発展実験1『エチルアルコール添加による増殖の観察』より

①全体的には生長に抑制的に働く。しかし、0.01%では、促進的な作用が見られた。②濃度0.05%では増殖が止まり、濃度0.1%では数日で枯れる（葉が白くなる）。

発展実験2『市販の液肥（ハイポネックス）の添加による増殖の観察』より

①濃度0.1%では増殖が最も盛んである。濃度1%では高濃度のため増殖が停止する。濃度2%では、時間と共に減少し、濃度5%の場合数日で枯れる。②窓際の光条件で、濃度0.1%の場合、10日で3倍以上に増える。

発展実験3『照度の影響の観察』より

①5000ルクスの場合2週間で10倍以上に増える。②2000ルクスでは2週間で4倍以上、300ルクスでは2倍以上に増える。③20ルクス程度になると2倍以下と増殖があまり見られない。④5000、2000ルクスでは、対数的な増加を示す。⑤5000ルクスでは、ウキクサ以外の植物プランクトンも多数増殖する。

発展実験4『ウキクサの増殖の連続過程を、視覚的に詳細に観察する』より

①生長を始めた葉は、平均して長径で1日1mm拡大し、5mm～7mm程度に生長すると他の葉から分離する。②時間を短縮（1時間を3秒程度に圧縮）して観察すると、昼間と夜では葉の集団が、拡散・集中を繰り返す様子が見られる。また、水草の根が盛んに揺れ動く（静止した水の中で自発的に動く）現象が見られる。

発展実験5『ウォーターレタスの増殖観察』より

①2000ルクス、液肥濃度0.1%の条件では、2週間の観察では葉の生長や個体数の増加は明確に観察されなかったが（小さい新しい葉が1～2枚増加した程度）、汲み置き水の場合に比べて葉

の緑が確実に濃くなる影響が見られる。②汲み置き水の場合では、元々あった大きな葉の緑が薄くなり、黄色みがかかる。

発展実験6『PCを利用した葉の生長量の分析』より

①普通に記録した画像から、ウキクサだけをソフト上で識別することは難しい。水面を黒くするなどして、ウキクサの緑を明確に区別できるようにする工夫が必要である。②ソフトの中には記録画像の面積を計測するものだけではなく、色の分析を行えるものがある。

6 考察と発展

照度の影響の詳細な研究

今回の実験では、5000～20ルクスの範囲で観察をしたが、5000ルクス以上ではもっと高い増殖が観察されるような傾向が予想された。また、20ルクスでもある程度の葉の増加が見られたことから、もっと弱い光でも生育できると思われた。

さらに、今回は昼白色の蛍光灯を光源に利用したが、“室内栽培用のレタスは赤色光で培養されている”と聞いている。

以上のようなことから、今後は色々な波長の光（発光ダイオードを利用できたらと思う）を用意し、しかも0～20000ルクスの範囲について、ウキクサの増殖の様子を観察してみたいと思う。さらに、野外で、昼夜の照度変化があり、強い直射日光のある自然条件での培養についても調べてみたい。

ウキクサの生長する時刻、分裂する時刻

今回、ビデオカメラやPCカメラを利用することで、ウキクサの増殖や生長の様子を、時間を短縮して観察することができた。その様子から、ウキクサには生長が盛んに行われる時刻や、分裂の頻度が高い時刻があるのではないかと思われた。

また、時間を短縮した映像から、ウキクサの根が盛んに左右に揺れたり、時刻によってウキクサの株の水面での間隔が狭まったり広がったりする現象も確認された。このような現象がどのような仕組みで起こり、どのような効果を持つものかも調べていきたいと思う。

8 感想 液肥や強光で増殖が促進されることに驚いた。時間を短縮して観察するとウキクサの根が動いて見えることや、芽が出て拡大し、株から分かれる様子が面白かった。