

サツマイモの水耕栽培についての研究

静岡県立掛川西高等学校
自然科学部 1年 鈴木悠輝

1. 動機

私の家では毎年家庭菜園でサツマイモを栽培している。しかし、一昨年度の栽培過程で基腐れ病（糸状菌）という根が腐る病気にかかってしまい収穫量が激減した。サツマイモに関する生産減少の要因はこれだけではなく、さらに静岡県でも浜松市の一部地域ではアリモドキゾウムシによる食害の被害が拡大したことによってヒルガオ科植物の栽培が禁止されている現状であると知った。農研機構で基腐れ病に対して品種改良や薬剤散布、不妊中の放飼を通して対策を進めているが、どれも高コストで時間が掛かるものであり、アリモドキゾウムシに対する効果的な対応は模索中である。そこで、新たな対応策として外部との環境を遮断することができる水耕栽培を行うことができないかと考え研究を開始した。



図1 サツマイモの水耕栽培の様子

水耕栽培を利用することで、外部環境との遮断以外においても、条件制御の容易さや水耕栽培で得られた知見を土壌栽培に還元することができることなどが挙げられる。

今回の研究では、上和田勉氏（1990）の先行研究で養液栽培について

- ・根が20～30cmに砂地で栽培をしてから、水耕栽培すると根塊を形成することができる。
- ・水耕栽培は土壌栽培に比べ面積あたりの収穫量が多い。

という報告があったため、外部との環境を遮断して栽培できるように茎から砂地で根を生やして30cmまで伸ばすのではなく、茎から根を生やすところから水耕で行う。

また根の状態については、水耕栽培で見られる白色の根は栄養の吸収を、土壌栽培で見られる紫色の根は、リグニン化した場合は固く細い根になり、リグニン化しなかった場合はその後栄養が蓄えられ、根塊（可食部）になることが知られている。

2. 目的

サツマイモの根における栽培初期の細胞の分化の性質を見つけ、水耕栽培化での根塊形成を目指す。

3. サツマイモの性質について

- ・栄養生殖によってクローンを作成できる。
- ・イモを半分ほど水に浸漬させておくことで芽が出てきて茎を形成する。
- ・茎からは不定根という根を出す。

4. 実験方法

これから記す〈実験1〉～〈実験3〉において、同様の栽培方法で得たサツマイモの茎と水耕栽培ケースを利用した。

【サツマイモの茎について】

今回の研究では、サツマイモの根塊から苗となる茎を得て、それを栽培して根塊を形成するまでを行うため、茎を水に浸した根塊から得ることから開始した。「3. サツマイモの性質につ

いて」より、サツマイモは栄養生殖により1つのイモからクローンの茎を作れるため、同実験で個体条件を揃えることができる。

栽培方法

- ①サツマイモ根塊を水が張られたトレーにおく。根塊の一部は切断して用いた。
- ②日当たりの良い場所に3週間ほど水をこまめに交換しながらおいて置く。
- ③30cmほどまで成長した茎を、付け根に近い部分で切り取り実験に使用する。

【栽培ケースについて】

栽培ケースには観察のしやすさを確保するため、直方体のプラスチックケースを使用した。また、昨年度の実験にて日光を遮るためにケースをカバーしていたプラスチックボードが日光によって温められ、その熱が栽培液に伝わり根が煮えてしまった。今回の研究では日光と熱を遮断できるようにするため、アルミシートで周囲を囲った。



図2

作成方法

- ①プラスチックショーケースのフタに円形 (r=17mm) の穴をあける。
 - ②その穴を内側から塞ぐように、半分に切った食器洗浄用スポンジを防水両面テープで固定する。
 - ③プラスチックケース周囲にアルミシートを巻き付け直射日光による水温上昇を防止する。
- 以上のケースと栽培液にハイポネックス 500 倍希釈水溶液を用いて実験を行う。
ケースサイズは幅 80mm 奥行き 160mm 高さ 100mm

〈実験1〉水中での酸素供給とサツマイモの成長の関係

(1)目的：水耕栽培時に水中から根に酸素供給を行うことで根の成長速度が変化するかを明らかにする。

(2)実験用具

- ・サツマイモの茎
- ・栽培液 (ハイポネックス 500 倍希釈液)
- ・栽培ケース
- ・過酸化カルシウム錠剤

(3)実験方法

- ①サツマイモの苗を栽培液で満たしたケースに垂直にさす。(スポンジより下に2cm 茎が見えるほどの深さになるようにする。)
- ②サツマイモの茎をさした部分の真下のところに酸素供給剤 (過酸化カルシウム錠剤) を2錠おく。(2錠で最大1.8Lの酸素が発生すると考えられる。)
- ③データを取れる日には毎回水換えを行い、2週間ほどのデータを取る。
(栽培液のハイポネックス濃度を保つため、pHを一定に保つため)

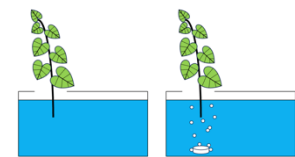


図3 左：栽培液のみ

右：栽培液+酸素供給材

対照実験として、酸素供給剤を用いない実験も行う。

栽培液のみと、栽培液に酸素供給剤のものを3個体ずつ2週間栽培し比較する。

(4) 取得するデータ

〈実験1〉において、サツマイモ全体の成長の様子分かるよう以下のデータを取得した。

葉…枚数 茎…水上部の長さ、太さ（最大） 根…本数、色、長さ（最長）

また、根の内部の様子を観察するため、水耕栽培での実験終了後に根の断面を顕微鏡で観察し、土壌栽培図と比較した。（根の断面図、ヨウ素液を使用した根のデンプン蓄積状況）

〈実験2〉水中に入れる茎の長さでサツマイモの成長の関係

(1)目的: 実験1では茎をイモとの境界面で切り使用していたが、その手法だと個体間での根の生え方に大きな差があった。さらに土壌栽培では主に茎を斜めに挿すことで土の中に入る茎の長さを長くし、1個体からの収穫量を増やしているため挿し方による根の生え方の変化を比較する。

(2)実験用具:

- ・サツマイモの茎
- ・栽培液（ハイポネックス 500 倍希釈液）
- ・栽培ケース

(3)実験方法

①サツマイモの苗を栽培液で満たしたケースにさす。

垂直挿し: スポンジより下に2cm茎が見えるほどの深さになるように、栽培ケースの蓋に茎が垂直になるように挿す。

斜め挿し: 茎の大部分が栽培液に浸漬するように、苗を倒すように斜めにして挿す。

（斜め挿しではこれまでの栽培ケースの蓋では対応できないため新たに蓋を作成した。）

②データを取れる日には毎回水換えを行い、2週間ほどのデータを取る。

（栽培液のハイポネックス濃度を保つため、pHを一定に保つため）

栽培液に対して苗を垂直に挿すものと斜めに挿すものを3個体ずつ2週間栽培し比較する。

(4) 取得するデータ

以上の〈実験2〉において、サツマイモ全体の成長の様子分かるよう以下のデータを取得した。

葉…枚数 茎…水上部の長さ、太さ（最大） 根…本数、色、長さ（最長）

また、根の内部の様子を観察するため、水耕栽培での実験終了後に根の断面を顕微鏡で観察し、土壌栽培図と比較した。（根の断面図、ヨウ素液を使用した根のデンプン蓄積状況）

〈実験3〉水と根の接触面積とサツマイモの成長の関係

(1)目的: 実験に使用するためのサツマイモの茎を栽培していた際に根が空気中に触れている部分が紫色に変化していたことから、根を水中につけ続けた場合と、根を空気中に晒した場合での成長の仕方について明らかにする。

(2)実験用具

- ・サツマイモの茎
- ・栽培液（ハイポネックス 500 倍希釈液）
- ・栽培ケース

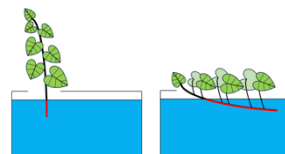


図4 左: 垂直挿し
右: 斜め挿し

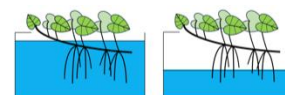


図5 左: 水満タン
右: 根に空気接触

(3)実験方法

①サツマイモの苗を栽培液で満たしたケースに斜めにさす。

(〈実験2〉の方法と同様)

②一方は栽培ケースの中を満タンにした状態で、もう一方は根の先端3cmほどのみに栽培液が接触する様に水位を下げていく。

③データを取れる日には毎回水換えを行い、2週間ほどのデータを取る。

(栽培液のハイポネックス濃度を保つため、pHを一定に保つため)

栽培容器を水で満たしたものと、根の先だけ栽培液が触れるようにしたものを3個体ずつ2週間栽培し比較する。

(4)取得するデータ

以上の〈実験3〉において、サツマイモ全体の成長の様子が分かるよう以下のデータを取得した。

葉…枚数 茎…水上部の長さ、太さ(最大) 根…本数、色、長さ(最長)

また、根の内部の様子を観察するため、水耕栽培での実験終了後に根の断面を顕微鏡で観察し、土壌栽培図と比較した。(根の断面図、ヨウ素液を使用した根のデンプン蓄積状況)

〈実験4〉サツマイモの水耕栽培の根と土壌栽培の根の比較

(1)目的：以上の実験で得られた水耕栽培の個体における根の細胞を土壌栽培した根の細胞を組織による細胞と比較する。

(2)実験用具

- ・水耕栽培の実験個体
- ・土壌栽培の個体
- ・薄片制作用カミソリ
- ・顕微鏡
- ・ヨウ素液

(3)実験方法

①水耕栽培で育てた個体の根と、土壌栽培で育てた個体の根をそれぞれカミソリで切り薄片を得る。

②ヨウ素液を滴下して染める。

③光学顕微鏡で観察する。

5. 結果

(1)結果 1

(図6)より、根の長さはどちらの条件でも9日目まで比例的に増加し、それ以降は傾きを小さくした増加となった。酸素供給有の方が、7日目以降根の長さがやや長くなった。

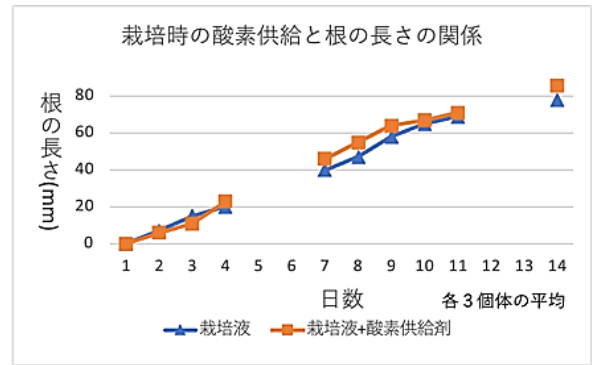


図6 酸素供給と最長の根の長さ

(2)結果 2

(図7)より、垂直挿しと斜め挿しのどちらも同程度の根の成長となった。一方、(図8)より根の本数の関係に注目すると、斜め挿しの方が垂直挿しに比べて増加の傾きが大きかった。

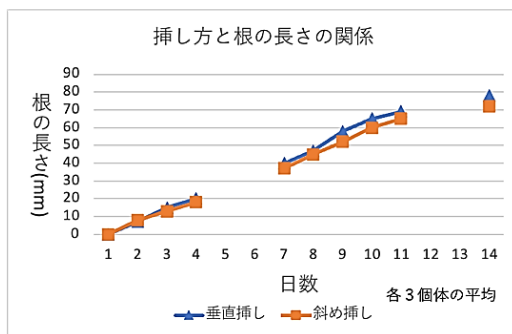


図7 挿し方と最長の根の長さ

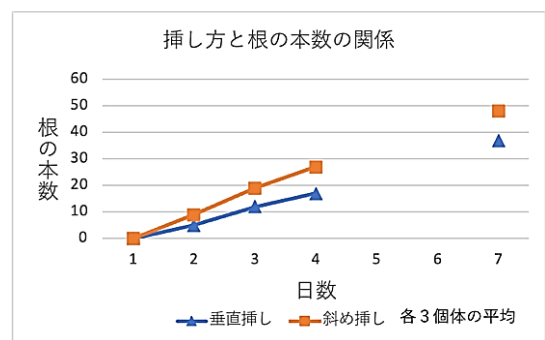


図8 挿し方と根の本数

(3)結果 3

(図9)より、根が水に触れる面積が大きい時の方が、根の本数は多い。根が水に触れる面積により根の色にも違いがあった。

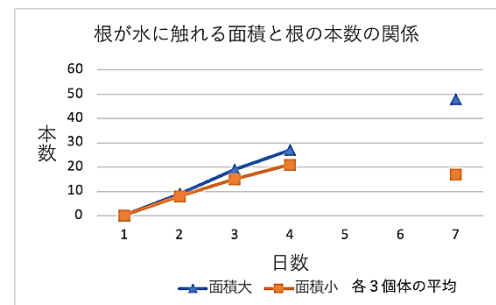


図9 根が水に触れる面積と根の本数

(4)結果 4



図10 水耕栽培の根の断面

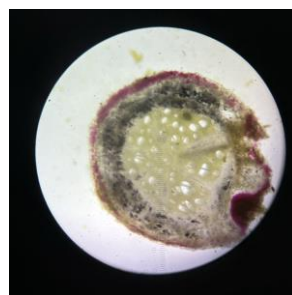


図11 土壌栽培の根の断面

(図10)(図11)は水耕栽培、土壌栽培の根の薄片にヨウ素液を滴下したものである。(図10)では、最外層にアントシアニン見られる。他の黒っぽい部位は、切片にした際の外傷であり、ヨウ素液の反応ではなかった。(図11)では、最外層により厚く紫色のアントシアニンが見られる。また、黒い部分がヨウ素液により染まった部分であり、デンプンの存在が確認できた。

6. 考察

結果1より、根への酸素供給は根の成長にあまり関係しない。しかし、錠剤からの酸素供給が微小であったことから酸素の影響の程度は十分に分からず、酸素供給量を増やしての再実験が必要だと考える。推定酸素発生量は1個体の栽培に約2.9gの過酸化カルシウム錠剤を2錠利用したため $\text{CaO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$ より、2錠からは約1.8Lの酸素が発生したと考える。

結果2より、苗を垂直に挿すより、斜めに挿す（水中の茎の長さが長い方）が根の本数の増加が速いことが分かる。右の写真のように、茎が水に入る長さが長いほど根が生えるポイントが多くなるからだと考えられる。よって茎は斜めに挿し水に触れる部分を長くすることにより効率よく栽培できる可能性がある。

また、結果1・2において根の長さのグラフについてどちらも9日目以降に傾きが小さくなったのは成長によって根の先端が栽培ケースの端にぶつかったことによる、成長の阻害だと考える。



図12 水中の茎を長くした時の根

結果3より、水に触れる面積が少ないと根の本数は増加が遅く、減少した。これは茎に水が触れないため新しい根が出にくいことや、水面まで届かない根が枯れてしまったことが原因だと考える。さらに根が空気に触れることによって根が紫色に変色している。これは空気が根に影響を与えることによってアントシアニンが合成されたのだと考えた。また、栽培液に触れていない根はすぐに枯れていってしまったことから、水に触れていない根への他の根からの水の輸送は行われないことが示唆された。

結果4より、水耕栽培でヨウ素液への反応がなかったことから、水耕栽培ではまだデンプンを合成することができていないと考えられる。また、土壌栽培のものと比較してみると土壌栽培では中央部の維管束の発達が見られた。

感想と反省

今回の研究で、サツマイモの栽培初期において①根の本数を増やすこと②根を空気に触れさせること、により栄養の供給が安定的に行われ成長すると結論を導いた。今後は、空気がどのような影響を与えて紫色に変化する細胞に分化するのか、根が紫色に変色した後にどのように根が肥大していくかについて、現在よりも大きい栽培ケースを用いて研究していきたい。

栽培を進めていくにあたって、気温変化や栽培液の環境管理などで、藻が発生してしまうなどといった管理面の難しさが見られた。研究を進めていくにあたり、成長に合わせた環境の管理などもしていきたい。断面の観察では、より細かい器官の観察を行いたい。

7. 今後の展望

今回の研究では、水耕栽培において空気の供給がサツマイモの根を伸長が促進され、空気にさらされることでアントシアニンを合成させることが示唆された。今後は、サツマイモの根にアントシアニンが合成された後の根塊形成に必要な条件を調べるための研究をしたい。そのために、今回は栽培開始から2週間を実験期間としたが、さらに長い期間の栽培に取り組んでいく。

また、空気にさらすことがサツマイモの内部でどのような作用を起こしアントシアニンの合成へ至るのが気になる点である。多くのアントシアニンを合成する植物（ブドウ、モミジ等）におけるアントシアニンの役割が紫外線の吸収であることに対して、地中で栽培されるサツマイモにアントシアニンが合成されることはとても興味深い。サツマイモにおけるアントシアニンの役割を調べるためには、合成の経路から考えることができるのではないか。そのための方法として、MS培地、植物ホルモンによりサツマイモのカルスを形成し、そこから根を細分化させることで、

アントシアニンの合成の変化を見ていきたい。そのためにまず、オーキシシンとサイトカイニンを用いたカルス誘導の条件を研究したい。

8. 参考文献

- ・サツマイモの養液栽培に関する研究、上和田勉、1990

9. 謝辞

この研究は、山崎自然科学教育財団の助成により行われています。