

アコヤガイの粉末肥料の効果

2年4組 都能 千愛 2年3組 井伊 柚奈
2年3組 越智田希佳 2年3組 高田 玲風
2年4組 福島 路琉 2年4組 堀口 美月
指導者 山崎 薫

1 課題設定の理由

真珠の生産量が全国第2位を誇る愛媛県では、アコヤガイ養殖が盛んに行われている。しかし、真珠を取り出した後のアコヤガイの身のうち、貝柱以外の部分はほとんどが廃棄されており、資源の有効活用という点で課題が残されている。そこで本研究では、廃棄されているアコヤガイの身を粉末化し、肥料として再利用することで、資源の無駄を減らすことを目的とした。先行研究として田中らは、アコヤガイの身を冷蔵庫内で乾燥剤を用いて乾燥させ、粉末化することに成功している。また、その粉末を用いた豆苗の水耕栽培において、肥料として一定の有効性が示唆された。本研究では、アコヤガイ粉末の成分や植物への影響を詳しく調べ、より効果的な肥料利用の可能性について検討することとした（図1）。

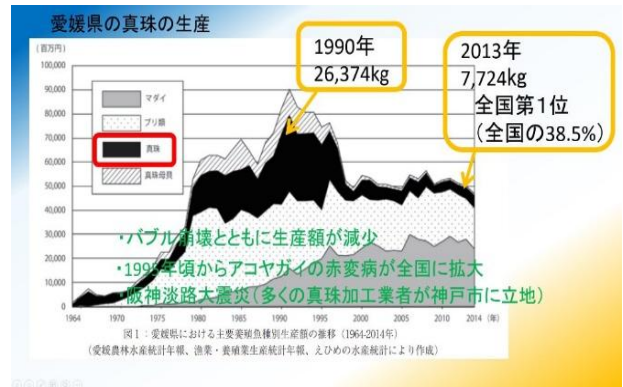


図1 愛媛県の実珠の生産量

2 仮説

(1) アコヤガイ粉末にはたんぱく質が多く含まれているが、植物が直接吸収できる形であるアミノ酸が少ないため、そのままでは肥料効果が低いのではないかと。

東京大学農学生命科学研究科 西澤直子教授、東京大学大学院 増田さやか氏らの研究により水耕栽培において植物はアミノ酸を直接吸収できることが報告されている。このことから、アコヤガイ粉末中のたんぱく質をアミノ酸に分解することが重要であると考え、本研究を進めた。

(2) たんぱく質を分解してアミノ酸量を増加させることで、植物の生育が改善されるのではないかと。

3 研究内容

(1) 1年目の研究

① アコヤガイ粉末の作製

先行研究を参考に、アコヤガイの身を粉末化した。アコヤガイの肉を取り出し、できるだけ水分を除いた後、乾燥剤であるシリカゲルとともにタッパーに入れ、冷蔵庫内で乾燥させた。冷蔵庫内で乾燥させた理由は、腐敗を防ぎながら乾燥させるためである。先輩方の研究では悪臭が問題となったため、本研究では密閉容器と乾燥剤を使用した。

② 希硫酸によるたんぱく質分解

作製したアコヤガイ粉末に希硫酸を加え、たんぱく質をアミノ酸に分解することを試みた。その後、中和を行いニンヒドリン反応を確認したが、中和した試料では反応が弱く、アミノ酸量が少ないことが分かった（図2）。

③ 水耕栽培（豆苗）

アコヤガイ粉末を添加した水耕栽培を行ったが、粉末を加えたものは枯れてしまい、育成に悪影響を及ぼす結果となった。

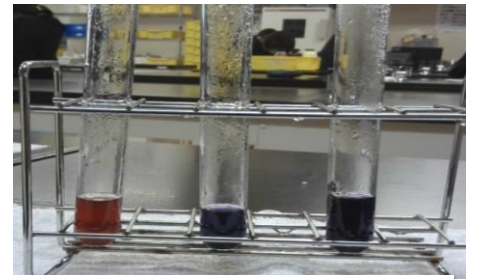


図2 ニンヒドリン反応の様子

(2) 1年目の結果と考察

- ・アコヤガイ粉末にはたんぱく質が含まれているが、アミノ酸量が少ないため、たんぱく質分解酵素を加え有利アミノ酸を増やす必要がある。
- ・アコヤガイ粉末自体が腐敗することによって生育への悪影響が出るので、アコヤガイ粉末の安定性を確かめる必要がある。

(3) 2年目の研究（中間報告前）

① パイナップル由来酵素による分解

たんぱく質分解酵素として、パイナップルに含まれるブロメラインおよびプロテアーゼを使用し、アミノ酸量の増加を試みた。なお、パイナップル果汁自体にはたんぱく質やアミノ酸がほとんど含まれず、ニンヒドリン反応に影響しないことを事前に確認した。

1回目は果汁約15gに粉末0.1gを加え、50℃で30分反応させたが、果汁を加えなかったものと明確な差は得られなかった。

2回目は酵素の最適温度を考慮し、37℃で120分および240分反応させたが、果汁を加えなかったものと明確な差は得られなかった。

② 土壌栽培

水耕栽培とは異なる条件として、土壌栽培も行った。7月後半から9月頭までの期間アコヤガイ粉末加えた土壌と加えていない土壌でトマトを苗木から栽培した。そして各苗木の葉を採取しクロロフィル量を計測した。

(4) 2年目（中間報告後）

中間報告会では、アコヤガイ粉末に含まれる塩分濃度が高く、植物の生育を阻害している可能性と基質特異性により、使用した酵素とアコヤガイのたんぱく質が適合しなかった可能性について、助言をいただいた。この助言をもとに次のような研究を継続した。

① 塩分除去を目的とした粉末改良

粉末化の過程において、砂糖水による脱水作用と保水作用を利用し、アコヤガイ粉末中の塩分を除去した。

- ・1回目 真水で15秒すすぎ、5～10℃の0.2%砂糖水に入れて30分放置 この過程を3回
- ・2回目 真水で15秒すすぎ、5～10℃の0.2%砂糖水に入れて24時間放置 この過程を2回

② 塩分濃度の測定

塩分除去前の粉末（図3）、1回目の塩分除去を行った粉末（図4）、2回目の塩分除去を行った粉末（図5）について、ハンドヘルド屈折計を用いて塩分濃度を比較した。



図3 塩分除去前
(約 30%)



図4 塩分除去1
(約 10%)

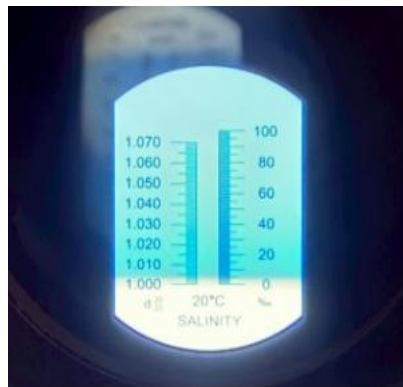


図5 塩分除去後2
(約 3%)

③ 塩分除去後のたんぱく質の有無の確認

②の図5の塩分除去2の粉末を用いて、塩分を除去してもたんぱく質が含まれているかの確認をニンヒドリン反応で行った。

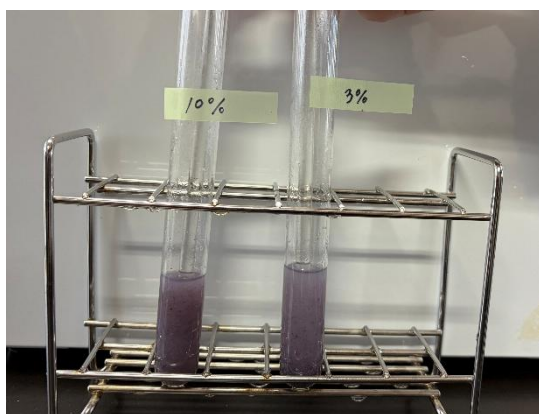


図6 ニンヒドリン反応の様子

紫に変色したため、たんぱく質が含まれていることが確認できた（図6）。

4 結果と考察

本研究では、アコヤガイ粉末を肥料として利用する可能性について検討した。その結果、従来作製していたアコヤガイ粉末には高濃度の塩分が含まれており、水耕栽培において植物が枯死する主な要因であることが示唆された。

砂糖水を用いた脱水・保水作用による塩分除去を行った結果、粉末中の塩分濃度は約 30%から約 3%まで大幅に低下した。このことから、粉末の改良により、植物の生育阻害要因を軽減できる可能性が明らかとなった。一方、希硫酸およびパイナップル由来のたんぱく質分解酵素を用いた実験では、ニンヒドリン反応による明確なアミノ酸生成は確認されなかった。この結果から、アコヤガイ粉末中にはたんぱく質が含まれているものの、使用した分解方法では十分にアミノ酸へ分解できなかったと考えられる。

その原因として、たんぱく質分解酵素には基質特異性があり、パイナップル由来酵素がアコヤガイのたんぱく質構造に適合しなかった可能性が挙げられる。また、反応条件や分解時間が不十分であった可能性も否定できない。以上より、アコヤガイ粉末を肥料として利用するためには、塩分除

去に加え、粉末中のたんぱく質を適切な方法でアミノ酸へ分解する工程が不可欠であることが明らかとなった。

5 まとめと今後の課題

本研究では、廃棄されているアコヤガイの身を粉末化し、肥料として再利用する可能性について検討した。その結果、アコヤガイ粉末には高濃度の塩分が含まれており、これが植物の生育に悪影響を及ぼす主要因であることが示唆された。また、砂糖水を用いた処理により塩分濃度を大幅に低下させることが可能であることが分かった。今後は、たんぱく質分解酵素の基質特異性を考慮した分解方法を検討する必要がある。具体的には、胃内消化を模したペプシンや、ペプチド末端を分解するカルボキシペプチダーゼ Aα などの酵素を用い、アミノ酸生成の有無をニンヒドリン反応等で確認する。さらに、得られたアミノ酸を含む溶液を用いて水耕栽培および土壌栽培を再度行い、植物の生育状況を比較・評価することで、アコヤガイ粉末の肥料としての実用性を総合的に検証していきたい。本研究は、水産資源の有効活用と環境負荷低減の両立に貢献できる可能性を有すると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、アコヤガイを提供していただいた宇都宮様にこの場をお借りして感謝申し上げます。

参考文献

- ・田中ら（2023）「肥料と宇宙食への道～アコヤガイパウダーの可能性は無限大～」
令和5年度 SSH 生徒課題研究論文集
- ・西澤直子・森 敏（1977）自己食食による液胞形成—ヘモグロビンで育てた水稻冠根皮層細胞の場合」日本土壌肥料学雑誌
- ・二瓶直登・増田さやか・頼泰樹・中西友子（2009）「植物のアミノ酸直接吸収の解析と根圏濃度の影響」 第 228 回日本作物学会講演会