

事業結果要約報告書		受付番号
－科学技術振興関係－		2024 KJ-042
公益財団法人マツダ財団 御中		
2025 年 3 月 31 日		
所属機関名		広島県立大門高等学校
申請代表者		濱田 英美
役 職		教諭
フリガナ		ハマダ フミ
氏 名		濱田 英美
(TEL : 084-947-7363 )		
マツダ財団から受けた 助成金 10.5 千円 による事業結果について、次のとおり報告します。		
助成事業名	発芽における促進&抑制の要因に関する研究～フィールドとラボの往還を通して～ (事業期間： 2024 年 6 月 1 日～ 2025 年 3 月 31 日 )	
	計 画	実 施 結 果
事業内容	日時 2024 年 6 月 1 日～2025 年 3 月 1 日 場所 本校理科室・本校グラウンド・岡山大学 対象 本校理科部員 定員 12 名 内容 これまでの発芽に関する研究結果を踏まえ, 耕作地の土壌成分の調査を行う「フィールド」と, その結果をもとに検証を行う「ラボ」とを往還する研究。	日時 2024 年 6 月 1 日～2025 年 3 月 1 日 場所 本校理科室・本校グラウンド・岡山大学 対象 本校理科部員 参加者(人) 内訳(小中高の先生; 1 人)(生徒; 12 人) 内容 これまでの発芽に関する研究結果を踏まえ, 耕作地の土壌成分の調査を行う「フィールド」と, その結果をもとに検証を行う「ラボ」とを往還する研究。 講演; 0 件、発表; 5 件、シンポジウム; 0 件

事業の目的・ねらい

広島県立大門高等学校理科部はこれまで寒天培地を用いたハツカダイコンとキュウリにおける発芽実験を行い、既知濃度インドール酢酸水溶液を寒天培地に添加する方法で発芽への影響等を観察してきた。この実験系は、発芽における様々な化学物質の影響調査の上で「目的とする化学物質を流動状態の寒天に添加するだけで培地を作製できる」

「短期間(3~5日)で化学物質が発芽成長に与える影響傾向がわかる」という2つの点において、非常に簡便で観察が容易な方法であることがわかった(図1)。そこで生徒たちは、この実験系はインドール酢酸だけでなく他の化学物質が発芽成長に与える影響調査にも応用できるのではないかと考え、その化学物質として植物の微量必須元素に着目した。

耕作地の土壤中に存在する植物の生育における必須元素は、窒素(N)、リン(P)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、酸素(O)、水素(H)、炭素(C)、マグネシウム(Mg)、硫黄(S)、鉄(Fe)、マンガン(Mn)、ホウ素(B)、亜鉛(Zn)、モリブデン(Mo)、銅(Cu)、塩素(Cl)、ニッケル(Ni)の17種類で、どれか一つでも欠けると植物の生長は完結しないとされている。また、これらの必須元素のうち8種類(Fe、Mn、B、Zn、Cu、Mo、Cl、Ni)は要求量が少ない「微量必須元素」に分類されており、元素供給量の少しの差により欠乏症や過剰症等の植物病を引き起こすことが知られている(図2)。

このため、生徒たちは『どの植物』『どのような微量必須元素を含む化学物質』を、『どの程度供給』すれば適切な発芽成長を得られるのか」という事柄を、本実験系を用いて明らかにすることで、寒天培地を用いた発芽成長観察の実験系の確立と肥料づくりへの応用に繋がたいと考えた。

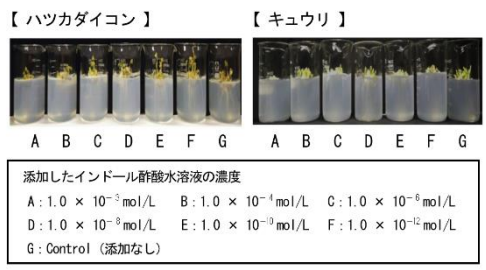


図1 添加インドール酢酸水溶液と発芽相観

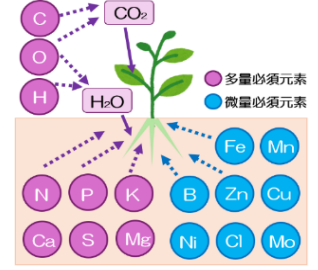


図2 植物の微量必須元素の種類

事業の概要

(A) 既知濃度水溶液の添加と根の成長相関

種子はハツカダイコン、キュウリを使用。栽培に用いた寒天培地は粉末寒天4gに対し水1Lを用いて調整。微量必須元素を含む化学物質として、硫酸鉄(Ⅱ)、硫酸マンガン(Ⅱ)五水和物、ホウ酸、硫酸亜鉛、硫酸銅五水和物、硫酸ニッケル(Ⅱ)六水和物を図3に示すように使用し調整。これらを水で希釈し100mLとすることでそれぞれ $1.0 \times 10^{-1}$  mol/Lの溶液を得た。これを順次希釈し各濃度を調整。寒天培地は200mLビーカーに150mL使用。寒天培地150mLが固化前の流動状態のとき、既知濃度( $1.0 \times 10^{-1}$  mol/L~ $1.0 \times 10^{-12}$  mol/L)の水溶液10mLをそれぞれ添加、攪拌し、培地が固まってから播種。このとき寒天培地の体積は160mLとなった。

微量必須元素の種類	実験で使った微量必須元素を含む化学物質	使用量(g)
Fe	硫酸鉄	2.78
Mn	硫酸マンガン	2.23
B	ホウ酸	0.61
Zn	硫酸亜鉛	1.61
Cu	硫酸銅	1.59
Ni	硫酸ニッケル	2.62

図3 実験に用いた微量必須元素を含む化学物質と使用量

微量必須元素を含む化学物質	ハツカダイコン	キュウリ
硫酸鉄	$1.0 \times 10^{-5}$ mol/L	$1.0 \times 10^{-5}$ mol/L
硫酸マンガン	$1.0 \times 10^{-5}$ mol/L	$1.0 \times 10^{-5}$ mol/L
ホウ酸	$1.0 \times 10^{-5}$ mol/L	$1.0 \times 10^{-5}$ mol/L
硫酸亜鉛	$1.0 \times 10^{-5}$ mol/L	$1.0 \times 10^{-5}$ mol/L
硫酸銅	$1.0 \times 10^{-11}$ mol/L	$1.0 \times 10^{-4}$ mol/L
硫酸ニッケル	$1.0 \times 10^{-5}$ mol/L	$1.0 \times 10^{-4}$ mol/L

図4 混合溶液調整に使用した溶液の種類と濃度

(B) 最適濃度混合溶液の添加と根の成長相関

(A)の結果をもとに、図4に示す溶液をそれぞれ10mLずつ混合し、水で希釈し100mLとすることで、ハツカダイコンとキュウリのそれぞれにおいて最も成長促進効果をもたらす濃度の各溶液の混合溶液(最適濃度混合溶液)を作製した。寒天培地は200mLビーカーに150mL使用。溶液10mLをそれぞれ添加、攪拌し、培地が固まってから播種。

成果・効果

①研究について

(A) 既知濃度水溶液の添加と根の成長相関

添加濃度の違いにより発芽成長の差に大きな影響が見られた。ハツカダイコンとキュウリはどちらも、高濃度水溶液の添加では著しく成長が抑制されたが、添加濃度が下がると成長促進の傾向が見られた。また、ハツカダイコンはキュウリに比べ、マンガンと亜鉛を除いては微量必須元素の要求性が低いことがわかった(図5)。これらの結果より、微量必須元素を含む化学物質による成長促進効果は植物の種によって濃度差があることが示された(図6)。

添加した微量必須元素を含む化学物質	ハツカダイコン	キュウリ
硫酸鉄	$1.0 \times 10^{-10}$ mol/L	$1.0 \times 10^{-4}$ mol/L
硫酸マンガン	$1.0 \times 10^{-8}$ mol/L	$1.0 \times 10^{-8}$ mol/L
ホウ酸	$1.0 \times 10^{-7}$ mol/L	$1.0 \times 10^{-12}$ mol/L
硫酸亜鉛	$1.0 \times 10^{-12}$ mol/L	$1.0 \times 10^{-5}$ mol/L
硫酸銅	$1.0 \times 10^{-12}$ mol/L	$1.0 \times 10^{-5}$ mol/L
硫酸ニッケル	$1.0 \times 10^{-8}$ mol/L	$1.0 \times 10^{-5}$ mol/L

図6 成長促進効果ピーク時の添加水溶液濃度

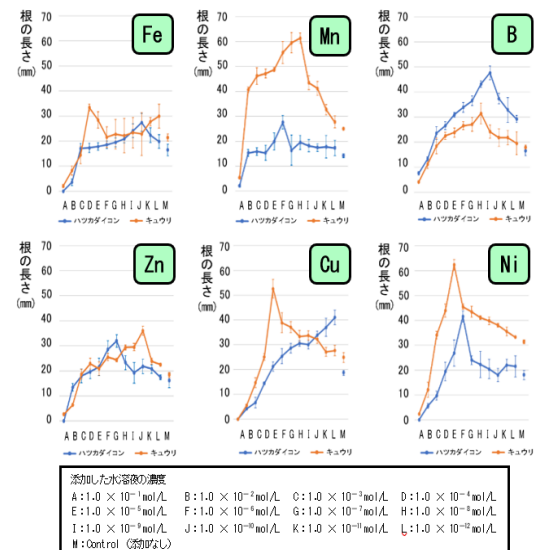


図5 添加水溶液濃度と根の成長相関

## (B) 最適濃度混合溶液の添加と根の成長相関

図7より、ハツカダイコンとキュウリのどちらも、最適濃度水溶液をそれぞれ単独で添加した場合に比べ、混合溶液を添加した場合では成長抑制の傾向が見られた。一方、Control（添加なし）と比べると、混合溶液の添加は成長促進に一定の効果をもたらすことがわかった。このことから、混合溶液添加時には微量必須元素が拮抗的に作用している可能性が考えられる。

### 拮抗的な作用として考えられる2つの可能性

根の細胞の膜タンパク質をイオンが通過するとき、化学的性質が似ているもの同士で競争が起きている可能性

先行研究より、植物は根から必要な元素をイオンの形で取り込むこと、イオンは受容体に結合後、膜タンパク質を使って取り込まれることがわかっている。今回使用した物質を構成する陽イオンのうち5つは同じ周期に属しておりこれらは二価の陽イオンとなる。

そのため、受容体やイオンチャネルに対する競争が起きている可能性があるのではないかと考えている。

ホウ酸イオンが陽イオンと塩を作り、根に吸収されにくい形態となっている可能性

今回使用した微量必須元素を含む化学物質のうち、ホウ酸のみが陰イオンであった。また、植物は根Sから必要な元素をイオンの形で取り込む。このことから、混合溶液を調整する際に、ホウ酸イオンとマンガンイオンなどの陽イオンとが塩を形成してしまったことで、根から取り込まれにくい形で寒天培地中に存在している可能性があるのではないかと考えている。

### ②校外での研究発表・生徒の変容について

2024年9月に行われた第74回日本理科教育学会全国大会滋賀大会では、ジュニアセッション部門に助成金を活用して代表生徒2名が参加し、中間発表を行った。大学や研究施設の先生方から専門的な助言をいただいたことで、自分たちの研究を客観的に見直す様子が見られた。ジュニアセッション部門の審査委員特別賞を受賞した。2024年11月には、第62回生徒理科学研究発表会（ポスター発表会）の生物部門に参加し、オーラル発表への進出を決めた。同年12月のオーラル発表会では、大会最優秀賞を受賞し、2025年7月に実施される第49回全国高等学校総合文化祭香川大会の自然科学部門への出場を決めた。2025年1月には、広島県立広島国泰寺高校の課題成果発表会に参加した。また、同年2月には、令和6年度広島県科学セミナーに参加し、生物部門優秀賞を受賞した。

本事業を通して、生徒の研究の視点が植物そのものから土壤へ、そして土壤から環境への配慮や社会貢献の観点へと変容し、視野が広がる様子が見られた。これは、学会発表をはじめ様々な研究発表に参加できたことで、植物を専門とする先生方のご助言だけでなく、有機化学や無機化学、地質学や農学を専門とする先生方からも多様な助言をいただけたため横断的な研究の視点が身についたからではないかと考えている。また、助言をもとに再構築した実験計画をマツダ財団様からの助成金を活用して実施できる環境を得ることができたことが何よりも大きいと考える。

また、助成金の使い方を生徒と相談しながら一緒に考えさせる中で、研究計画全体を把握し助成金活用の計画性を重視する発言、予算内で最大の効果を得るためにコスト意識をもとに判断する発言、また、研究成果を今後社会に還元するために必要不可欠な費用対効果を意識する発言がみられた。これらの経験を通して、生徒は科学的思考力だけでなく、将来、科学研究を通して社会貢献をするために必要な見方・考え方が身についたのではないかと考えている。

写真、図（4点程度。写真や図にはタイトルをご記入ください。）

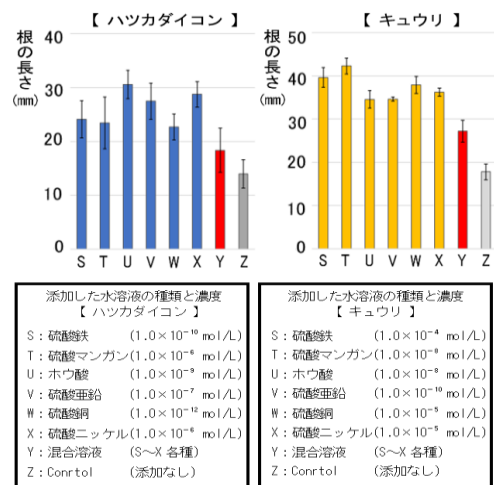


図7 添加した最適濃度水溶液・混合溶液と根の成長相関

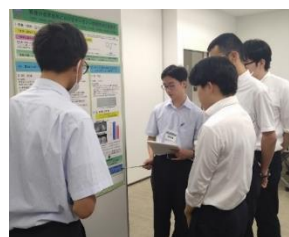


写真1  
日本理科教育学会全国大会  
滋賀大会ポスター発表の様子  
(龍谷大学)



写真2  
第62回広島県生徒理科学研究  
発表会オーラル発表会の様子  
(広島工業大学広島校舎)

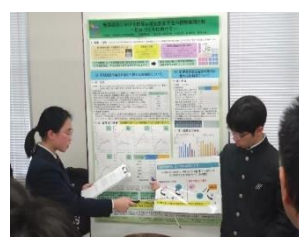


写真3  
令和6年度広島県科学セミ  
ナーポスター発表の様子  
(広島市立大学)



写真4  
実験時[溶液調整]の様子  
(岡山大学)

※ 3ページ以降も自由に追加いただいて結構です。

※この「事業結果要約報告書」(Word)、デジカメ写真の画像(.jpegなどで、解像度を下げていないもの)を、CD-R等に入れてご提供いただければ幸いです。

※みなさまの活動を「事業結果要約報告書」や「マツダ財団ホームページ」で、写真も含めてご紹介したいと思っています。写真撮影の際には、参加者の皆様にもその旨了解を得ておいてください。