

研究助成成果報告書

令和 8 年 3 月 30 日

研究課題 葉表皮細胞の形態形成過程における細胞内動態の解析
研究者名 秋田 佳恵 （日本大学生物資源科学部・一般教養・専任講師）
研究期間 令和 6 年度 ～ 令和 7 年度

研究環境の整備と助成金の活用

本助成金により、植物栽培用温室および画像解析用パソコンを導入することができました。これにより、安定した植物栽培および、所有パソコンと同時進行での画像処理が可能となり、研究スピードが大いに向上いたしました。また、令和 7 年には当初予定されていなかった研究室の移転があり、顕微鏡等の精密機器を稼働させるための電源増設が必要となりましたが、貴財団には本件を研究遂行上の必要経費として柔軟にご承認いただきました。多大なるご支援により、中断することなく最適な研究環境を構築・維持することができ、結果として次の項目で述べる生物学的な新知見を得るに至りました。ここに深く感謝申し上げます。

研究成果

アブラナ科植物が種子の発芽から光合成を確立するまでの初期成長において、リピッドボディ (LB) に蓄えられた脂質の動員は、生存を支える極めて重要な代謝プロセスである。LB から放出された脂肪酸は、ペルオキシソーム (Pe) での酸化等を経て糖へと変換され、独立栄養段階へ移行するための主要なエネルギー源となる。これまで脂質動態の解析は、光合成の主要な場である葉肉細胞で行われてきた。その一方、表皮組織の舗装細胞における動態は知見が非常に乏しい状況であった。筆者は舗装細胞がジグソーパズルのように複雑な形態形成を行うことに以前より着目しており (Akita et al. 2015, 2017)、本研究では、舗装細胞の脂質動態について、最新の可視化技術と画像解析技術を用いることにより、定量的に明らかにすることを目指した。

電界放出形走査電子顕微鏡を用いて観察したところ、播種後 1 日から 3 日 (1DAS から 3DAS) にかけて、舗装細胞内で急激なリピッドボディの減少と液胞の拡大が起きていることが見出された (図 1)。そこで組織全体を俯瞰する「広域性」と、オルガネラ接触を厳密に判別できる「解像度」を両立する、広域高解像電子顕微鏡法により画像を取得し、リピッドボディ、液胞、ペルオキシソーム、ミトコンドリア、色素体、核、細胞膜の計 7 領域についてマルチセグメンテーションを実施して画像解析を行った。

1DAS では細胞断面積の約 65%を LB が占めていたが、2DAS には 43%へ減少し、3DAS には完全に消失することが判明した。対照的に、液胞の占有率は 1DAS の 25%から 3DAS には 98%へと急増し、細胞内のほとんどを占めるに至った。このデータから、発芽初期の 3 日間で、エネルギー貯蔵から巨大液胞の確立へと細胞内環境がダイナミックに置換されることが定量的に明らかとなった。また、LB と他のオルガネラ間の物理的接触を測定したところ、1DAS から 2DAS にかけて、1DAS では大部分の Pe が LB と $0.1\ \mu\text{m}$ 以下で極めて近接していたが、2DAS では物理的な離間が進んでいた（図 2）。接触率の解析では、Pe 側から見た LB との接触率が 34%から 16%へと激減した一方、LB 側から見た Pe との接触率には有意な変化が認められなかった。この結果は、LB が単に消費されて縮小しているのではなく、多くの LB が物理的に「解離（離脱）」して遠ざかる一方で、残存する一部の LB は Pe との接触を維持することを示唆している。

本研究により、舗装細胞における劇的なオルガネラ置換が可視化され、その細胞内動態から「物理的解離による代謝制御」の可能性が示唆された。

これらの研究活動を評価いただき、令和 6 年度に日本バイオイメーjing学会より奨励賞を授与された。また研究成果について、現在、筆頭著者として論文を執筆中である。

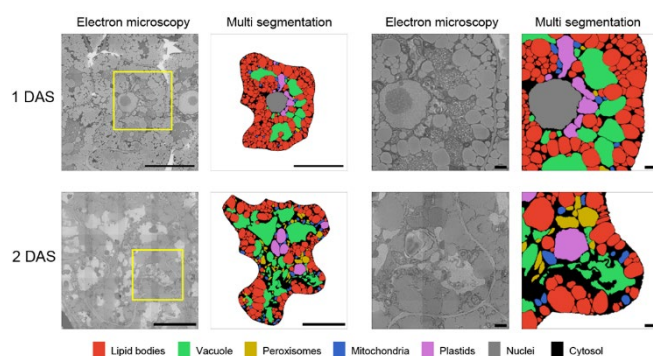


図 1. 発芽初期の舗装細胞における細胞内構造の変化

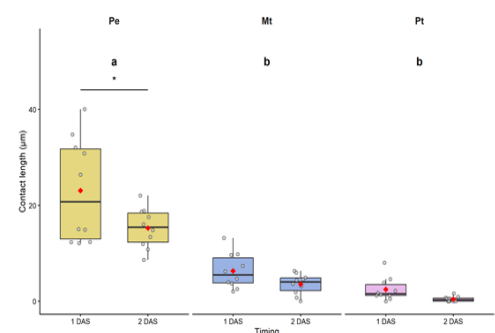


図 2. リピッドボディと各オルガネラの接触長

受賞・発表

1. 日本バイオイメーjing学会 奨励賞 令和 6 年度
2. 「植物細胞の形態形成機構の解明に向けた超微細構造解析」
秋田佳恵
第 33 回日本バイオイメーjing学会学術集会 受賞講演 2024 年 9 月 29 日
3. 「葉の細胞形態形成初期におけるオルガネラ相互作用の電子顕微鏡画像解析」
秋田佳恵, 高木智子, 小林啓子, 檜垣匠, 馳澤盛一郎, 永田典子
第 34 回日本バイオイメーjing学会学術集会 2025 年 9 月 26 日