

平成 30 年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」

調査研究報告書(公開版)

【研究題目】

雑種強勢の制御メカニズム解明と社会実装に向けた連携調査研究

【整理番号】

TK18-041

【代表機関】

筑波大学

【調査研究代表者（氏名）】

柴 博史

【TIA 内連携機関：連携機関代表者】

国立研究開発法人産業技術総合研究所：光田 展隆

東京大学新領域創成科学研究科：鈴木 穰

【TIA 外連携機関】

理化学研究所環境資源科学研究センター：斉藤 和季

埼玉大学理工学研究科：高木 優

(株) トーホク：新倉 聡

【報告書作成者】

柴 博史

【報告書作成年月日】

2019 年 3 月 23 日

【連携推進（具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等）】

2018 年 8 月 29 日筑波大学にて本プログラムに参画する TIA 内連携機関メンバー間で研究推進ワークショップを行った。

参加者 筑波大学生命環境系 柴 博史、杉 直也、Li Quynh

筑波大学生命環境系、理化学研究所環境資源科学研究センター 草野 都

国立研究開発法人産業技術総合研究所 光田 展隆、藤原 すみれ

東京大学新領域創成科学研究科：鈴木 穰

調査研究代表者が本研究課題の目的と概略を説明した後、研究代表者所属の杉氏と産総研光田博士、藤原博士による研究成果報告がなされた。これらの報告を基に以下の点について協議した。

1. 積極的な共同研究の実施と連携機関の拡大に向けた活動

- a) ターゲットが絞り込まれたことにより、年度明けを目処に東大新領域鈴木博士が有する最新鋭の遺伝子解析装置を使った DNA メチル化、遺伝子発現解析の実施が決定された。また東大新領域に所属する工学系研究者が参加することで、代謝経路のシミュレーションによる雑種強勢への影響の検証が可能か検討した。
- b) 研究の進展により、新たに環境ストレス耐性評価で東京農業大学応用生命科学部、プロテオーム解析でかずさ DNA 研究所との共同研究を進めることとした。
- c) 得られた成果の証明及び実用化に向けた機能植物作成に係る形質転換植物体作成を産総研および埼玉大が中心となって進めることとなった。

【調査研究内容（実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果）】

雑種強勢は、様々な生物の F₁ 世代において生長促進、バイオマス増加、環境ストレス耐性向上等につながる現象であり、家畜や農作物の優良品種作出に広く利用されている重要農業形質である一

方、その制御メカニズムは不明な点が多い。本調査研究は、シロイヌナズナ種内雑種を用いて雑種強勢で見られる諸現象に直接結びつく代謝物のメタボロミクス解析により、雑種強勢現象の鍵となる代謝物を特定する。またトランスクリプトーム解析により上記鍵代謝物の制御に関わる遺伝子を調べるとともに、機能証明を進め、雑種強勢のマスターレギュレーターとその制御メカニズムを明らかにする。

平成 30 年度、本調査研究の成果を下記に示す。

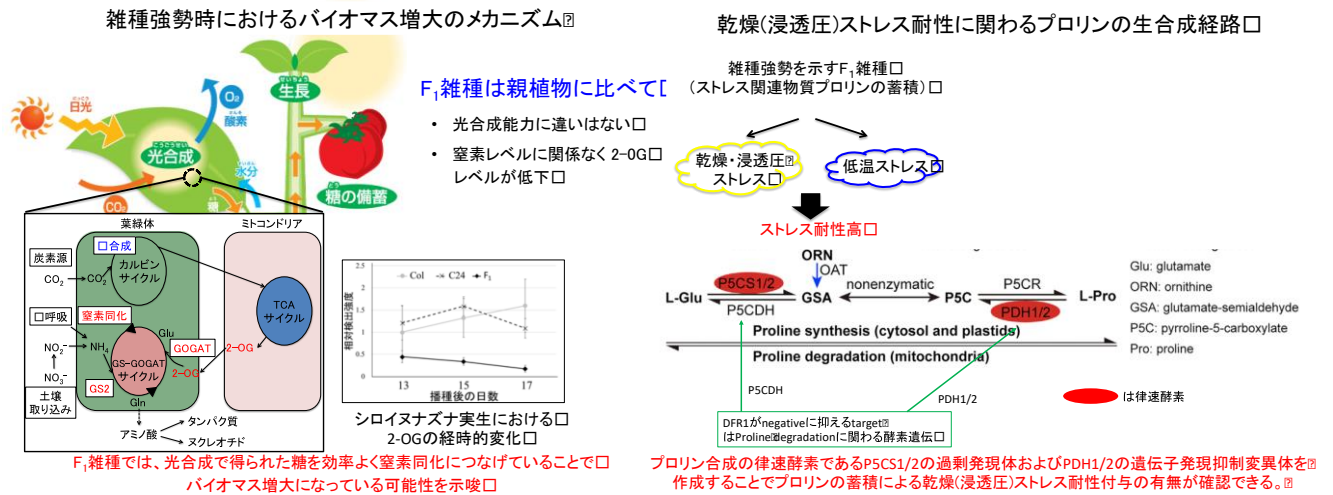


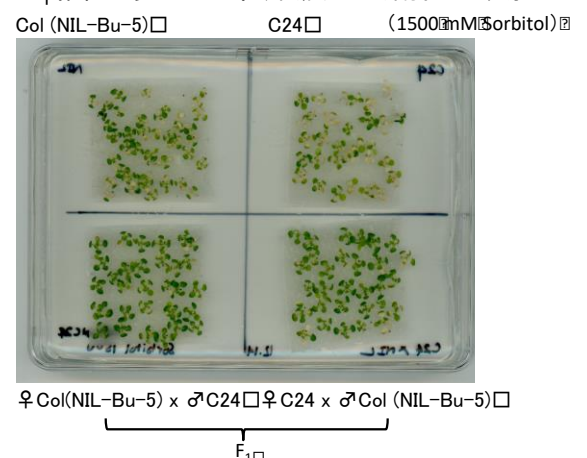
図 1 本調査研究で明らかとなった 2-OG とプロリン

精密栽培とメタボローム解析により、雑種強勢が見られる F₁ 雑種において、バイオマス増大に係る主因子候補として 2-オキソグルタル酸 (2-OG)、乾燥 (浸透圧) 耐性に係る主因子候補としてプロリンを明らかにした (図 1)。2-OG は窒素同化においてアンモニアがアミノ酸のアミド基として同化される際の炭素骨格となる物質であり、光合成で得られた糖代謝と窒素同化をつなぐ鍵物質である。2-OG は親系統に比べて F₁ 雑種で顕著に減少している。そのため F₁ 雑種では 2-OG を積極的に窒素代謝につなげている事が予想され、律速酵素であるグルタミン合成酵素 (GS2) に着目した。親系統と F₁ 雑種で GS2 の発現を比較したところ、転写および翻訳レベルで違いは見られなかったが、タンパク質の修飾 (リン酸化等) に違いがある可能性が得られた。現在、筑波大草野教授と共同で F₁ 雑種における GS2 の酵素活性測定および産総研と共同で GS2 の発現を制御する転写因子の形質転換植物を作成し表現型に違いが見られるか調査中である。

プロリンは、浸透圧ストレスに重要な適合溶質としての機能と、シグナル伝達物質としての機能が指摘されている。本調査研究では、まず研究代表者らが開発した精密栽培系を用いて東農大太治教授の乾燥ストレス検出系により F₁ 雑種が乾燥 (浸透圧) ストレスに対して耐性を示すことを明らかにした (図 2)。現在、プロリン生合成を正に制御する転写因子過剰発現体及び発現抑制体作成を進めており (図 1)、上記ストレス耐性系を用いた形質観察を予定している。

上記結果については、植物生理学会 (2019 年 3 月 14 日、名古屋)、農芸化学会 (2019 年 3 月 26 日、東京)、シンポジウム {2019 年 1 月 29 日、京都 (サントリーワールド リサーチセンター)} で発表 (予定も含む) しており、GS2 およびプロリンの研究に関して形質転換体の作出を待つ一流誌へ投稿する予定である。

図 2 F₁ 雑種で見られる乾燥(浸透圧)耐性の観察



Col 特異的な乾燥ストレス感受性に関わる遺伝子を除いて {Col (NIL-Bu-5)} C24 と同じ乾燥ストレス耐性レベルにすることで (図上半分、東農大との共同研究)、F₁ 雑種におけるストレス耐性の増大 (図下半分) が明確に示せるようになった。

【今後の活動予定】

研究については、2019年3月、東大新領域の鈴木教授に雑種強勢時におけるゲノム及びRNAサンプルを、かずさDNA研究所には、タンパク質サンプルを送付しており、2019年度初頭には精密栽培によるF₁雑種のゲノム、エピゲノム、トランスクリプトーム、プロテオーム解析を行い、F₁雑種におけるGS2およびプロリンを介したバイオマス増大、環境ストレス耐性の分子メカニズムを明らかにしていく。また現在、産総研とバイオマス増大、乾燥（浸透圧）耐性に関わると考えられる転写因子を制御した形質転換体を作成しているが、これらの形質転換体に効果があった場合、アブラナ科野菜（小松菜等）への利用を筑波大、産総研、埼玉大、(株)トーホクとの共同で進める。また現在、一流誌への投稿を進めているが、この結果を基に現在の研究チームを中核として先端的低炭素化技術開発(ALCA)、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業の獲得を目指している。また、本調査研究で使われている精密栽培系を利用した受託研究(シグマテクノロジー社)を2019年度から進めることが内定している。

以上