

「二酸化炭素資源化を目指した植物の物質生産力強化  
と生産物活用のための基盤技術の創出」  
平成 24 年度採択研究代表者

H28 年度 実績報告書
-----------------

重岡 成

近畿大学農学部  
教授

シンク/ソース同時改良による植物生産性強化の基盤開発

## § 1. 研究実施体制

### (1)「近畿大」グループ

- ① 研究代表者:重岡 成(近畿大学農学部、教授)
- ② 研究項目
  - ・遺伝子導入によるサツマイモの生産性増大及びストレス耐性能付与とその評価

### (2)「植物ハイツック」グループ

- ① 研究代表者:横田 明穂 ((株)植物ハイツック研究所、取締役/奈良先端科学技術大学院大学、名誉教授)
- ② 研究項目
  - ・ジャガイモにおけるシンク器官の機能強化遺伝子の解析とソース機能強化遺伝子とのシナジー評価
  - ・イモ類の葉緑体形質転換法の確立と生産機能強化への応用

### (3)「筑波大」グループ

- ① 主たる共同研究者:菊池 彰 (筑波大学生命環境系、教授)
- ② 研究項目
  - ・実用利用を目指した遺伝子組換えイモ類の開発と隔離ほ場での育種及び、国際利用枠組み構築

## § 2. 研究実施の概要

本研究では、単位面積当たりの収穫量とハーベストインデックスが植物中でほぼ最大であるイモ類、すなわち高地や中緯度地域向けのジャガイモ、中緯度から赤道近く向けのサツマイモを研究対象植物に用い、光合成カルビン回路の律速である2つのホスファターゼ反応をラン藻由来のフルクトース-1,6-セドヘプツロース-1,7-ビスホスファターゼ (FBP/SBPase) で強化し、野生種スイカの乾燥時の根の急速な発達に関わる *CLRAN1*<sup>1)</sup> 遺伝子を導入することによってシンク能力を強化する。作出した遺伝子組換え植物を用いて、個々の遺伝子の生産機能強化能力を評価するとともに、ソースとシンク間の代謝連携を解析する。その中で、サツマイモの根の発達や塊根の肥大化、ジャガイモのストロンの形態形成や塊茎肥大化に機能する遺伝子を明らかにし、FBP/SBPase や *CLRAN1* 遺伝子とともにイモ植物に導入することにより、さらなる植物生産機能の強化を試みる。また、イモ類の葉緑体形質転換法を確立して、その技術を生産機能強化へ応用する。これらの形質転換植物を隔離ほ場レベルで評価し、実用化に向けた植物生産性強化の技術基盤を整備する。

これまでに作出したサツマイモから単離した緑色光合成器官で明期特異的に機能する *pIbrbcS1* プロモーター制御下で FBP/SBPase を導入した“改良型 FBP/SBPase 導入サツマイモ”は、非形質転換株と比較して高い光合成活性を示しており、地上部のバイオマス生産性が向上した。さらに FBP/SBPase 導入サツマイモの塊根数は非組換え体と比較して増加していたが、塊根重量に差はみられなかった(図1)。これらの結果は、ソースとシンク器官がはっきりとしているイモ類の生産性向上にはソース/シンク能の同時強化が必要であることを示唆していた。そこで、シンク強化遺伝子である *CLRan1* 遺伝子をサツマイモの根で発現制御させるプロモーターを単離するために RNA-seq 解析を行い、不定根原基に特異的に発現する PLATZ(plant AT-rich sequence and zinc-binding protein; IbPLATZ) 転写因子を同定した。さらに、IbPLATZ のプロモーター領域を単離し、FBPase と *CLRan1* を同時に発現させるベクターを構築した。このベクターを導入したサツマイモ胚性カルスから、植物体へと再生した3系統を作出した。現在、これらの系統における遺伝子の発現解析および生産性の評価を行っている。

一方、*CLRAN1* と FBP/SBPase 遺伝子を同時にジャガイモで発現させた場合、シンク組織である塊茎の高収量をもたらすことを見出している(図2)<sup>2)</sup>。そこで、ジャガイモの2品種(メイクイン、デシレ)に *CLRAN1* と FBP/SBPase 遺伝子を種々のプロモーター制御下で発現させた形質転換ラインを整備し、これらの遺伝子の生産性に対するシナジー効果を分子レベルで解明することにより、植物生産機能を強化できる基盤技術の開発を行った。また、サツマイモとジャガイモの光合成機能強化を目的に葉緑体形質転換法を開発して、スベ



図1 改良型 FBP/SBPase 導入系統の表現型



図2 野生種スイカ由来の *CLRAN1* 遺伝子を恒常発現させたジャガイモ品種メイクインの塊茎数増加

クチノマイシン耐性遺伝子 *aadA* と *FBP/SBPase* 遺伝子の葉緑体ゲノムへの導入を試みた結果、葉緑体形質転換ジャガイモ株の作出に成功した。また、サツマイモに関しては、組織培養技術を改変することにより、スペクチノマイシン耐性を示すシュートを得ることに成功した。一方、光合成における CO<sub>2</sub> 同化酵素である RuBisCO の機能強化を目指して、反応メカニズムを解明する基礎研究に取り組んだ<sup>3)</sup>。

特定網室において、上記の光合成能強化サツマイモの栽培試験を非組換え体5個体、組換え体5個体用いて、栽培試験を2回実施した。非組換え体に比べ遺伝子組換え体は、定植時の大きさを揃えたものの主蔓の成長が特に初期に鈍く、全体として節間の詰まった形態を示すことが明らかとなった。栽培中の光合成活性は天候に左右されるものの、組換え体では野生株と比較して約15%高いという結果が得られた。そこで、光合成能の増加が植物体のどの部位の成長に寄与したのかを推測するため、光合成量と各部位の重量を組換え間で比較した。その結果、有為差が認められるレベルではないが光合成量の増加は主に地上部の成長に寄与したことが明らかとなった。また、本系等に対し生物多様性影響評価試験を実施した。その結果、土壌微生物相、周辺植生に与える影響は、非組換え体と同等のインパクトであることが判明し、屋外に植栽したとしても、在来生物種への影響は無い事が考えられた。

本年度の結果から、イモ類ではソース能のみの強化では地下部バイオマスの増産を誘起出来ない可能性が示唆され、プロジェクトの目的であるシンク/ソース同時強化の必要性が改めて。そこで、シンク能とソース能を強化した植物の作出、およびシンク能とソース能を強化した状態を模擬試験出来る接ぎ木試験に向けた大臣確認実験申請やパイロット植物等の栽培を行い、次年度の実験準備を進めることが出来た。

1) Kinya Akashi, Kazuya Yoshimura, Masataka Kajikawa, Kouhei Hanada, Rina Kosaka, Atsushi Kato, Akira Katoh, Yoshihiko Nanasato, Hisashi Tsujimoto and Akiho Yokota, "Potential involvement of drought-induced Ran GTPase CLRan1 in root growth enhancement in a xerophyte wild watermelon", *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 7, 1-10, 2016.

2) Akira Katoh, Hiroki Ashida, Ichiro Kasajima, Shigeru Shigeoka and Akiho Yokota, "Potato yield enhancement through intensification of sink and source performances", *Breeding Science*, 65, 77-84, 2015.

3) Takunari Kono, Sandhya Mehrotra, Chikako Endo, Natsuko Kizu, Mami Matusda, Hiroyuki Kimura, Eiichi Mizohata, Tsuyoshi Inoue, Tomohisa Hasunuma, Akiho Yokota, Hiroyoshi Matsumura and Hiroki Ashida, "A RuBisCO-mediated carbon metabolic pathway in methanogenic archaea", *Nature communications*, 8, 14007, 2017.