

「環境変動に対する植物の頑健性の
解明と応用に向けた基盤技術の創出」
平成 27 年度採択研究代表者

H27 年度
実績報告書

柳澤 修一

東京大学生物生産工学研究センター
准教授

フィールド環境での栄養応答ネットワークによる生長制御モデルのプロトタイプ構築

§1. 研究実施体制

(1)「柳澤」グループ

- ① 研究代表者: 柳澤 修一 (東京大学生物生産工学研究センター、准教授)
- ② 研究項目
 - ・ リン酸吸収のイメージングを用いた栄養応答性の異なるシロイヌナズナのエコタイプの選抜
 - ・ リン酸吸収のイメージングを用いた栄養応答性の異なるイネ栽培種の選抜
 - ・ 野外で栽培した栄養応答性の異なるシロイヌナズナとイネのオミクス解析
 - ・ シロイヌナズナとイネにおける栄養応答システム間のクロストークの比較解析

(2)「射場」グループ

- ① 主たる共同研究者: 射場 厚 (九州大学大学院理学研究院、主幹教授)
- ② 研究項目
 - ・ ハイスループットサーマルイメージングを用いた栄養応答性の異なるシロイヌナズナ エコタイプの選抜
 - ・ 野外で栽培した栄養応答性の異なるシロイヌナズナ エコタイプのオミクス解析
 - ・ シロイヌナズナにおける窒素応答と CO₂ 取り込み機能のクロストークの比較解析

(3)「宮尾」グループ

- ① 主たる共同研究者: 宮尾(徳富)光恵 (農業生物資源研究所、ユニット長)
- ② 研究項目
 - ・ ハイスループットサーマルイメージングを用いた栄養応答性の異なるイネ栽培種の選抜

- 野外栽培による栄養応答性の異なるイネ栽培種の比較解析
- イネ栽培種を用いた窒素応答と CO₂ 取り込み機能のクロストークの比較解析

§2. 研究実施の概要

独立栄養生物である植物は外界から様々な無機物を栄養素として吸収し、有機物を合成して生長しているため、利用できる外界の無機物の量とバランスが植物の生長に根本的な影響を及ぼす。特に多量必須元素である窒素とリンの存在量とバランスが重要であり、これらが偏在するフィールド環境で植物は栄養代謝のホメオスタシスを維持して生長しなければならない。このために、これらの栄養素に対する応答のシステムと、さらには、それらによって構築される応答ネットワーク機構によって栄養応答が最適化されていると考えられるが、これらがフィールド環境でどのようにはたらき、植物の生長を制御しているかは明らかにされていない。本研究では、「栄養応答にばらつきが見られ、遺伝的バックグラウンドが多様な植物(シロイヌナズナエコタイプおよびイネ品種)の母集団から栄養応答に関して特徴が見られるものをハイスループットスクリーニング法により選び出し、それらのフィールド環境における栄養応答(無機物の吸収能力、応答遺伝子の発現量、関連代謝物含量の変化)を分子レベルで定量的に精査する」という新しいアプローチをとる。これによって、フィールド環境での栄養応答ネットワークによる栄養応答の制御の解明を試みる。

このような目的に沿って、本年度は使用する植物の母集団の整備とハイスループットスクリーニングシステムの確立のためのパイロット実験を行った。シロイヌナズナについては世界各地のエコタイプ種子の母集団を確保するとともに、イネについては日本型イネ品種とインド型イネ品種の両方を含む母集団が解析できるように準備を進めた。このような母集団から栄養応答に関して特徴が見られるものを選抜するためのスクリーニングシステムを構築するために、まず、シロイヌナズナのエコタイプ間の栄養応答性の違いについて代表的なエコタイプ系統を用いて気孔の CO_2 応答性、気孔の光応答性、生重量および乾重量を調べた。一方で、日本型イネとインド型イネにおける葉の展開速度や分けつ時期を調べることでイネの品種間の栄養応答性の違いについて明らかにし、選抜の目安をたてた。次に、ハイスループットスクリーニングシステムを無機物の取り込みを可視化する技術(イメージング技術)を応用して構築した(図1)。 CO_2 吸収量は気孔の開度に比例し、気孔の開度は葉の表面温度に影響を及ぼすので、栄養環境の違いや栄養の利用効率に応答して葉の表面温度が変化することが考えられる。そこで、イネを2種類の窒素施肥条件で育成し、赤外線サーモグラフィ装置で熱画像を撮影して解析したところ、軽微な栄養状態の差もサーモグラフィで検知できることが明らかとなり、品種間差に基づく特徴的な栄養応答特性を持つイネ栽培種を選抜する目処がたった(図 1A)。もう一つの選抜システムとして、放射性同位体である ^{32}P を含むリン酸イオンの取り込みのイメージング画像を用いたリン取り込みを定量的に評価するシステムを構築した(図 1B)。まず、 ^{32}P の放射性同位体で標識されたリン酸イオンの取り込みを経時的にモニターして解析条件を確立するとともに、イメージ画像の取り込み時にスタンダード系列をおくことでイメージ画像間での比較定量解析を可能とした。さらに、シロイヌナズナの野生型株とリン応答遺伝子の変異体を用いた解析により、シロイヌナズナにおける遺伝情報の変化を反映したリン吸収能力の変化をモニターできることを確認し、イネ品種間のリン吸収能力の違いもこのようなイメージング画像解析により定量的に明らかにできることを確認した。これらにより、リン吸収能力に差のある植物体をハイスループットに選抜するシステムも構築された。

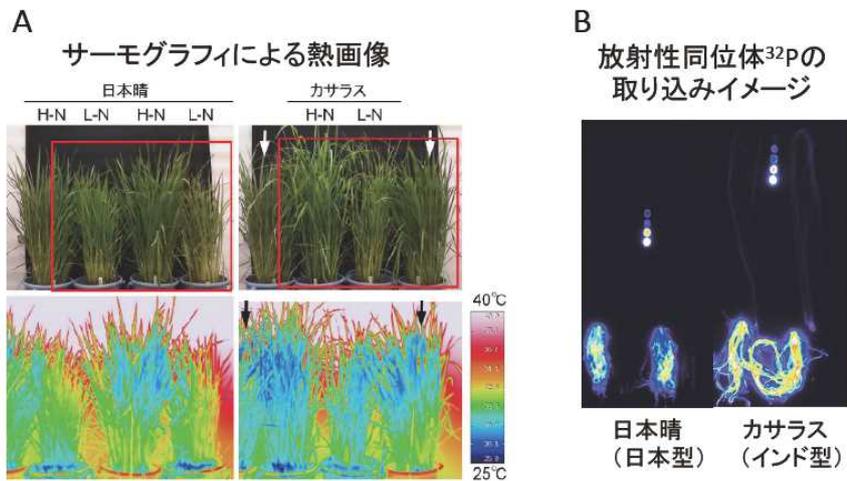


図 1. 栄養応答の異なるエコタイプや品種のハイスループットな選抜へのイメージング技術の応用。気孔が CO_2 の取り込みのために開く際の葉表面温度の低下を示す熱画像(A)と放射性同位体 ^{32}P を含むリン酸イオンの取り込みのイメージ画像(B)。熱画像撮影のために、日本型イネ(日本晴)とインド型イネ(カサラス)を高窒素条件(H-N)と低窒素条件(L-N)で栽培し。 ^{32}P のイメージ画像は日本晴、カサラスを用いて取得した。