

植物生産における概日時計のシステム科学

大阪府立大学 大学院工学研究科 准教授

福田 弘和

(お問い合わせ先) E-MAIL: fukuda@me.osakafu-u.ac.jp



研究の背景

2017年のノーベル生理学・医学賞は、「概日時計のメカニズム解明に関する研究」に贈られました。概日時計は、24時間周期の昼夜サイクルの下、生物の活動を最適化する重要な生理機構です。植物では、光合成や成長、開花など、重要な生理代謝を多岐に渡って調節していることが分子レベルで次々と解明されており、植物生産における概日時計の利用にも注目が集まっています。しかしながら、豊富な生理学的知見を植物生産に応用するには、少なくとも2つの課題が存在します。1つは、概日時計の制御の基礎となるシステム科学の研究が不足していること、もう1つは、作物における概日時計の解析法と生産性の評価法が十分に整っていないことです。

研究の成果

概日時計の機能をシステムとしてみると、「環境情報を感知する機能」と「生理代謝を調節する機能」から成り立っています(図1)。前者の機能は、主に物理学的アプローチによってシステム特性の解明が進められ、後者の機能は、オミクス解析によって網羅的かつ分子レベルで研究が進められています。そして、「生理代謝」から「環境情報」に戻るサイクルを追加すると、植物生産技術の鍵となる「生体情報に基づいた栽培環境調節」になり、概日時計の研究が植物生産技術の基軸となり得ることが分かります。

本研究では、「システム科学」と「作物における概日時計の計測法ならびに生産性の評価法」に着目しました。まずは、植物を成長器官(根端・茎頂分裂組織)と光合成器官(成熟した葉)に分けて概日リズムの形成機構の数理モデルを構築し、細胞レベルでの概日時計の精密な制御法を開発しました(図2)。そして、網羅的遺伝子発現解析(RNA-Seq解析)を用いた概日時計の高精度

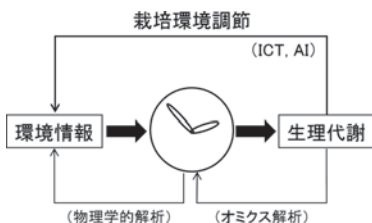


図1 概日時計と栽培環境調節
近年、ICTやAIを活用した栽培環境調節技術は特に重視されているが、それは概日時計の知見により一層高度化できると期待されている。

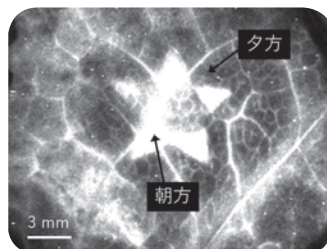


図2 細胞レベルでの概日リズム制御遺伝子組換えレタス (*AtCCA1::LUC*) を用いた、葉における概日リズムのイメージング。プロジェクタ光を用いて、細胞レベルで概日時計の体内時刻を星型に反転させた。

解析技術を利用し(図3)、様々な条件の環境サイクルと同期させて生産性を評価しました。

これらの成果により、細胞から個体までの植物概日時計の全階層と環境を繋ぐためのシステム科学を提示することに成功し、さらには植物生産に概日時計の仕組みを利用するための枠組みを示すことができました。

今後の展望

現在、植物工場におけるオミクス解析や苗診断技術、成長安定化技術に関する研究を行っています。将来的には、細胞内の代謝分子情報を利用した環境調節技術や、数理モデルを駆使した工学的な代謝制御技術を開発し、作物の高付加価値化を目的とした高度な植物生産技術に応用したいと考えています。

関連する科研費

2013-2014年度 新学術領域研究(研究領域提案型)「体内時計の同調臨界点における代謝不安定化機構のオミクス解析と数理モデル」

2013-2015年度 若手研究(A)「細胞から個体までの全階層を繋ぐ包括的代謝制御体系「体内時計制御工学」の基盤研究」

2016-2018年度 基盤研究(B)「無相関多元環境栽培試験による環境応答モデルの高速同定」

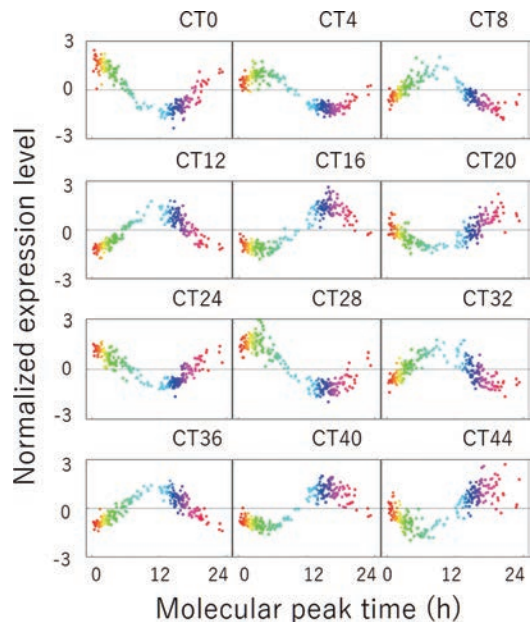


図3 体内時刻の推定技術
レタスの時刻表示遺伝子(215個)を同定し、分子時刻表によって体内時刻を推定した。