

栄養シグナルによる植物成長制御に関わる転写因子の機能解明

Studies on transcription factors regulating plant growth in response to nutrient availability

眞木 美帆
北海道大学大学院生命科学院

植物は自身の生育環境の栄養状態に応じ、ライフサイクルを通じて成長の最適化を行っている。特に、糖や窒素は、細胞内基幹代謝を支える栄養素であり、植物の成長を制御するシグナル分子としても機能する。近年、網羅的解析から、こうした細胞内栄養シグナル伝達における遺伝子発現制御の重要性が分かってきた。本研究では、糖・窒素栄養シグナルによる植物成長制御の分子機構を明らかにするため、鍵となる転写因子の同定とその機能解析を行ってきた。

1. 糖応答性転写因子 **bZIP3** による植物形態形成制御

シロイヌナズナにおける新規の糖応答性転写因子の探索を行い、機能未知の転写因子 **bZIP3** を同定した。**bZIP3** 遺伝子発現は糖処理によって抑制され、エネルギーセンサーとして糖シグナル伝達の中枢を担う **SnRK1** キナーゼ（哺乳類 **AMPK**/酵母 **SNF1** ホモログ）により制御されることが分かった。興味深い表現型として、**bZIP3** ドミナントリプレッサー株では子葉の反り返りといった葉の形態に異常が見られた。このことから、転写因子 **bZIP3** が植物の糖シグナルと形態形成をつなぐ新たな因子であることが示唆された [1]。

2. 転写因子 **FBH4** による低窒素応答性の花成制御

農業現場では、低窒素環境下で栽培した作物の花成が早期化する現象は古くから注目されてきたが、その分子機構は未解明であった。本研究では、シロイヌナズナの窒素栄養に応じたリン酸化プロテオミクスによって、低窒素応答性花成制御に関わる候補因子として **FBH4** を同定した。**FBH4** は **FBH** ファミリーに属する **bHLH** 型転写因子である。**FBH** は光周期依存花成経路の中心制御因子である **CONSTANS (CO)** を直接的に転写活性化することで、フロリゲン (**FT**) の発現上昇を介して花成を誘導する。*fbh* 多重変異株においては、野生型シロイヌナズナで見られた低窒素誘導性花成が抑制されていた。また、リン酸化候補部位変異型 **FBH4** を用いた解析から、**FBH4** のリン酸化状態は **CO** の転写活性と自身の細胞内局在性に影響を与えることを明らかにした。さらに、**FBH4** をリン酸化する上流キナーゼとして、真核生物に広く保存されたエネルギーセンサーである **SnRK1** キナーゼを同定した。*in vivo* における **SnRK1** のキナーゼ活性変動をモニタリングするレポーター株を作出し、これを用いた解析から、**SnRK1** キナーゼ活性が低窒素条件で減少することが分かった。また、**SnRK1** の **FBH4** へのリン酸化は **CO** 転写活性に影響を与えており、**CO** と **FT** の発現を負に制御していることを明らかにした。以上の結果から、低窒素条件では、**SnRK1** 活性依存的な **FBH4** リン酸化状態の変動によって自身の核局在性が促進しており、**CO** と **FT** の活性化を介して花成を誘導することが示された [2]。本研究成果により、長年不明瞭であった窒素栄養シグナルによる植物の成長相転換制御の分子基盤の一端が明らかになった。

本研究を遂行するにあたりご指導賜りました山口淳二先生、佐藤長緒先生、ご支援を賜りました共同研究者の方々に厚く御礼申し上げます。

1. Sanagi et al. (2018) *Plant Biotechnol* 35(2), 167-170.
2. Sanagi et al. (2021) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 118 (19) e2022942118