

(様式第 13号)

学 位 論 文 要 旨

氏名: 松永 幸子

題目: Multi-omics studies of thermal response towards the development of heat-tolerant bread wheat
(高温耐性パンコムギの開発に向けた高温応答のマルチオミクス研究)

パンコムギ (*Triticum aestivum*) は、他の主要穀物に比べて高温への適応性が低く、高温環境下でも安定した収穫量が期待される品種の開発が望まれている。高温耐性システムを作出するためには、大きく3つの要素が必要である。(1) ライフサイクル全体における高温耐性の理解、(2) 多様な遺伝資源、(3) その多様な遺伝資源から耐性システムを見つけるためのマーカー、である。本研究ではこの3つを決定することを目指している。コムギに対する高温の影響に関するこれまでの研究は、登熟期に焦点を当てており、他の生育段階における高温後の収量に関する報告はほとんどない。高温ストレスに対する生育ステージ固有の反応を理解することは、様々なステージでの高温に適した耐性品種の開発に貢献する。また、現在普及しているパンコムギ品種の遺伝的多様性は限られており、未だ利用されていない遺伝子は多く存在すると考えられている。その遺伝的多様性を拡大するために近年、タルホコムギの遺伝的多様性に注目されている。しかし、それら遺伝資源が高温環境にどのように寄与するかの検証や耐性評価の手法は確立されていない。

従って、本研究では①代表品種であるパンコムギ品種「農林61号」の生育ステージ特異的な高温応答性評価、②タルホコムギの野生種の遺伝子を導入した高温耐性候補系統の高温耐性評価を実施した。

パンコムギ品種「農林61号」を、幼苗期～分蘗期 (GS1)、分蘗期～開花期 (GS2)、開花期～成熟期 (GS3) の3つの生育ステージで高温に曝し、それぞれの条件について、農学的形質、種子の成熟度、光合成の結果などを比較した。その結果、GS2での高温処理は草丈と粒数を減少させ、GS3での高温処理は種子形成期間と粒重を減少させた。しかし、GS1での高温処理は老化を抑制し、種子形成期間を延長させ、収量を減らすことなく粒重を増加させる「高温プライミング効果」を誘発した。また、幼苗期から成熟期まで連続して高温にさらされた植物は、開花期以降にのみ高温にさらされた植物に比べて老化が遅れる「順化」を引き起こした。上記の現象の背後にある植物体内の代謝機構を解明するため、開花7日目の止め葉を用いてメタボローム解析を行なった。代謝物質の蓄積傾向によってそのタイミングにおける植物の老化状態や高温への順応、また回復を推定することを可能にし、千粒重などの農学的形質と強い相関関係を示したベータアラニン、トリプトファン、セロトニン、プロリン、プトレスシンを、老化や馴化を評価するのに適したバイオマーカーとして同定した。GS2

と GS3 の高温ストレスでは、対照と比較して代謝物の含有量の変化が最も大きく、次いで GS1- 3 と GS1 であった。GS3 の植物は、ヌクレオチドサルベージ経路に関連するヌクレオシド、ベータアラニン、セロトニンを蓄積した。これらの化合物の蓄積量は、GS1 ではコントロールに比べて有意に少なく、表現型に見られる高温プライミング効果（老化の抑制）に関連していることが示唆された。GS2 では遊離アミノ酸の蓄積量が多く、高温処理の影響が残っていることやストレスからの回復が見られた。しかし、GS1- 3 の植物ではコントロールに近いレベルになる傾向があり、順応反応が見られた。これらのデータは、高温ストレスに対するパンコムギの生化学的および分子的な適応についての基本的な知見を提供するものであり、1 年のさまざまな時期に高温に対応できる小麦の系統を開発する上で重要な意味を持つ。

上記の知見から、メタボローム解析による高温応答評価の有用性が示されたため、タルホコムギの遺伝子を導入した遺伝資源の耐性評価への実装を試みた。材料として、パンコムギの世界的な高温栽培地であるスーダンの圃場で行なった栽培評価試験で登熟期の高温環境でも収量性の維持および向上が期待された高温耐性候補系統（MSD296、MSD34、MSD392、MSD417、MSD54、MNH2）を用いた。候補系統とその戻し交配親（農林 61 号）を気温、湿度、照度の制御された人工気象器内で栽培し、開花後 7 日目の止め葉における代謝物質含有量と最終的な農業形質を測定した。それらの結果を用いて重回帰分析を行い、各系統の高温耐性と育種利用への将来性を評価した。系統特異的な農業形質の違いを代謝物質から語ることができ、収量向上に貢献する有力な高温耐性候補系統として、MSD392 と MSD417 を同定した。これらは、それぞれ千粒重と粒数の増加に寄与する遺伝子を有することが期待された。

本研究で得られた知見は、高温環境下でも高い収量性を保持する系統を効率的に育種選抜するツールとして活用できると考えられる。