

氏名	Haidar Rafid Azis		
学位の種類	博 士 ( 食料革新学 )		
学位記番号	博 甲 第 10876 号		
学位授与年月日	令和5年3月24日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査学術院	理工情報生命学術院		
学位論文題目	Effects of Prohydrojasmon on Growth and Secondary Metabolism in Leafy Vegetables  (プロヒドロジャスモンが葉物作物の生育および二次代謝に及ぼす効果)		
主査	筑波大学教授 (協働大学院)	博士 (理学)	青野 光子
副査	筑波大学教授	博士 (農学)	磯田 博子
副査	筑波大学准教授	博士 (理学)	高橋 真哉
副査	筑波大学准教授 (協働大学院)	博士 (農学)	福光 聡

## 論 文 の 要 旨

審査対象論文は5章からなり、第1章で著者は全体的な導入として、心血管疾患、がん、糖尿病といった非感染性疾患が増加するなか、植物由来の二次代謝産物の健康増進効果が期待されていること、また気候変動による環境ストレス増加で作物の生育阻害と収量減少の懸念があることを述べ、先行研究から、植物成長調節物質には二次代謝産物の産生促進と植物の環境耐性の改善の作用が期待できることを記述した。さらに著者は、ジャスモン酸 (JA) が植物成長調節物質の一つであり、その誘導体とともに植物の成長制御や二次代謝産物の産生促進作用を持つこと、本論文で用いられたプロヒドロジャスモン (PDJ) はJA誘導体の一つであり、二次代謝産物であるアントシアニンの産生を促す作用を持つことから植物成長調整剤として市販されており、果樹において果実の色素産生増加に用いられていることを紹介した上で、葉物作物への利用例はほとんど存在しないことについて述べている。

本論文第2章で著者は、コマツナとナスの実生にPDJ処理を行い、成長に対する影響を調べた。その結果、低濃度 (200、400 ppm) 処理では阻害的な影響がないこと、高濃度 (600、1000 ppm) 処理では根の伸長成長阻害と葉枯れを引き起こす一方で、弱光下では実生の徒長は改善されることを見出した。あわせて、植物種による感受性の違い、すなわちコマツナの方がナスよりもPDJに対する感受性が高いことを見出した。これらによりJAの誘導体であるPDJが野菜作物であるコマツナ、ナスの成長に実際に影響していることが示された。

本論文第3章で著者は、コマツナとレタスの二次代謝産物産生に対するPDJの影響を調べた。葉の塩酸エタノール抽出物中の全フェノール化合物含量とアントシアニン蓄積、及び抗酸化能の測定を行った。その結果、PDJ処理により、葉中の全フェノール化合物とアントシアニン含量、及び抗酸化能が増加していることが示された。著者はさらに、PDJ処理により、レタスにおいて二次代謝産物の生合成過程で機能する酵素のうち、フェニルアラニンアンモニアリアーゼ、フラバノン3-ヒドロキシラーゼ、及びアントシアニン合成酵素の遺伝子発現が上昇していることをリアルタイムPCRにより見出した。これらにより、PDJが葉物作物において遺伝子発現制御を通して二次代謝産物の産生促進作用を持つことが示された。

本論文第4章で著者は、PDJの植物の成長影響の作用機作を解明するため、200 ppm、または1000 ppm PDJで処理したコマツナの葉からRNAを調整し、RNA-Seqによる網羅的遺伝子発現解析を試みた。その結果、1000 ppm PDJ処理によって、コマツナ葉におけるクロロフィル合成酵素や、クロロフィル結合タンパク質の遺伝子発現が阻害されることが示され、老化が促進されていることが示唆された。また、老化に関連するSenescence-associated genesなどの遺伝子発現が促進されていることが示され、PDJの老化促進作用が重ねて示唆された。

また、病原菌に対する防御に関わる因子であるMildew resistance locus 0や、植物の細胞壁にみられる形態形成に重要なタンパク質の1つであるExpansinの遺伝子発現も促進していることが示された。これらの結果から著者は、RNA-Seq結果のさらなる解析の必要性とともに、PDJがクロロフィルに関連する遺伝子群や老化関連遺伝子群の発現制御、また病原菌に対する防御因子等の発現制御を通し、葉の老化に関連する過程の促進に働いている可能性を示唆した。

本論文第5章で著者は総合的な考察として、PDJは低濃度処理では植物の地上部（葉や茎）の生育に対する阻害作用は示さず、高濃度処理では葉枯れなど老化を誘発するものの、弱光条件での栽培において実生の徒長を防ぐ効果があること、また全フェノール化合物やアントシアニンといった二次代謝産物の産生促進作用及び抗酸化能の促進作用があることが示され、遺伝子解析によってその作用機作の一部が裏付けられたと結論付け、PDJが果樹への利用にとどまらず葉物作物の成長改善と二次代謝産物の産生促進に実用化できる可能性を示唆した。

## 審 査 の 要 旨

本論文で著者は、健康増進効果が注目される植物由来の二次代謝産物の産生促進、及び環境変動による植物の生育阻害の改善において、植物成長調節物質の働きが期待されることをふまえ、植物成長調節物質の一つであるジャスモン酸の誘導体プロヒドロジャスモン（PDJ）が葉物作物の生育と二次代謝に及ぼす効果を生理的解析と遺伝子発現解析によって調査した。その結果、コマツナ等の作物においてPDJ処理による弱光下での実生の徒長を防ぐ効果、フェノール化合物等の二次代謝産物の産生促進、及び老化に関する遺伝子群の発現変化を見出した。すなわち、PDJによる葉物作物の二次代謝産物の産生促進の作用機作の一端が解明され、生育がよく、健康増進効果を持つフェノール化合物等の含有量の高い葉物作物の作出という食料革新への応用の道が開かれたと評価できる。

令和5年1月16日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（食料革新学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。