

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：14603

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K06723

研究課題名(和文) 栄養欠乏応答性のアブラナ科植物種間比較解析

研究課題名(英文) Comparative analysis of nutrient deficiency response in Brassica species

研究代表者

峠 むつみ(渡邊むつみ)(Tohge (Watanabe), Mutsumi)

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・特別研究員(PD)

研究者番号：60837582

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：アブラナ科モデル植物及び作物種を対象にして、植物の主要栄養元素である窒素、リン、硫黄の欠乏実験を実施し、経時的代謝物変動の捕捉(カタログ化)や栄養欠乏応答マーカー代謝物/遺伝子の特定を行った。また、アブラナ科植物に保存されているもしくは種特異的な栄養欠乏代謝応答を見出した。さらに、アブラナ科植物約100品種の二次代謝物の多様性解析を実施し、アブラナ科特異的特化代謝物であるグルコシノレート類の推定生合成経路を構築した。研究成果は、査読付き国際科学雑誌(9報)および学会発表(17件)で発表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、アブラナ科モデル植物及び作物種を対象に、窒素、リン、硫黄欠乏条件での経時的代謝物変動の捕捉(カタログ化)や栄養欠乏応答マーカー代謝物/遺伝子の特定を行った。得られた結果は今後、植物栄養状態の診断、植物種ごとの最適な施肥/追肥の種類/時期の決定などに活用できる。また、本研究で構築したアブラナ科特異的特化代謝物であるグルコシノレート類の推定生合成経路により機能ゲノミクスを行うことが可能となり、代謝物産生の鍵遺伝子や制御因子、作物の高産生能付加育種に応用可能な機能性遺伝子等を特定できるようになった。

研究成果の概要(英文)：In this study, we conducted nutrient deficiency experiments of key plant nutrients (nitrogen, phosphorus and sulfur) in Brassica model plants and crop species to capture metabolite changes and identify the metabolite/gene markers of nutrient deficiency responses. Furthermore, we analyzed the diversity of secondary metabolites in about 100 cultivars of brassica species and estimated the whole biosynthetic pathways of glucosinolates, which are sulfur-containing specialized metabolites in Brassicaceae family. The final outputs derived from this research project were published in 9 peer-reviewed scientific journals and 17 conference presentations.

研究分野：植物生理

キーワード：栄養欠乏 アブラナ科 代謝物 硫黄 リン 窒素

1. 研究開始当初の背景

土壌の栄養欠乏による植物の生育障害は農業上深刻な問題であり、栄養欠乏耐性/応答メカニズムの根本的な理解は作物の生産向上に重要である。2008年頃からリン酸等の肥料の価格高騰が起きており、効率的な施肥条件が待ち望まれている。このような問題の解決に向け、現在までに植物の栄養欠乏応答の包括的理解を目指し、モデル植物であるシロイヌナズナを用いて、様々な栄養欠乏条件下での代謝物や遺伝子発現変動を対象としたオミクス解析が多数行われてきた。しかし、モデル植物を用いた基礎研究から作物種へと応用する上で、作物種を用いた種間比較レベルでの詳細なオミクス解析はあまり行われていない。植物の栄養欠乏応答戦略は、植物種の違いや実験室/圃場等の生育条件の違いで変化し、植物種間において共通性/多様性がある。栄養欠乏応答において一次代謝と二次代謝の関係性は非常に重要であるが、一般的に二次代謝物は種特異性が高いため、特定植物種の研究知見を他の植物種へ応用するのは難しいと考えられている。さらに、植物の二次代謝物は、標準物質等も取得しづらいため、検出した代謝物の同定やアノテーション(構造推定)が一つの大きな課題となっている。植物栄養欠乏を対象としたメタボロミクス解析は盛んに行われているが、一次代謝及び二次代謝の関連性を総合的に解析する研究例は未だ少なく、また、有用代謝物等の対象代謝経路のみに着目した断片的な研究が多い。有用代謝物産生に密接に関係する代謝物/経路の発見を可能とする包括的な代謝経路を視野に入れた解析が必要である。

本研究では、モデル植物であるシロイヌナズナの栄養欠乏応答に関する蓄積した知見を、他のアブラナ科作物種に展開していくために、アブラナ科植物に保存されている代謝応答もしくは種特異的な応答の解明を目指した。また、植物種に機能的に保存されているマーカー遺伝子の定義付けと経時的変動のカタログ化を行うことで、今後の他の研究結果との比較を容易にし、現在までの断片的な研究結果を部分的につなげて評価に加えることが可能となるのではないかと考えた。また、本研究では、未知代謝物の同定や構造推定を含むアブラナ科植物の二次代謝物種間多様性解析も研究計画に含めた。

2. 研究の目的

メタボロミクス解析を基盤に、アブラナ科植物に保存されているもしくは種特異的な栄養欠乏代謝応答の解明を目指す。アブラナ科モデル植物(5種)及び作物種を材料にして、1)植物の主要栄養元素である窒素、リン、硫黄の欠乏実験を行い、2)経時的代謝物変動の捕捉、栄養欠乏応答マーカー代謝物/遺伝子の探索、3)相関解析による種間比較を行い、栄養欠乏代謝応答に見られる頑健性/特異性の評価を行う。本研究で得られたデータは今後、植物栄養状態の診断、植物種ごとの最適な施肥/追肥の種類/時期の決定等に活用できる。

3. 研究の方法

本研究は、以下の項目に沿って実施した。

(1) アブラナ科モデル植物5種を用いた窒素、リン、硫黄経時的欠乏実験

シロイヌナズナを含むゲノム解読が完了している5種類のアブラナ科植物を用いて、窒素、リン、硫黄の栄養欠乏実験を行った。寒天栄養培地で生育させた約3週齢の植物を栄養欠乏培地に移植し、経時的に(0、3、7日後)サンプリングを行い、湿重量やクロロフィル含量測定の実現型解析を行い、栄養欠乏応答の評価マーカーの一つとした。

(2) 代謝物分析、栄養欠乏応答マーカー遺伝子の発現解析

イオンクロマトグラフィ(IC)によるイオン分析、GCMSによる一次代謝物分析、LCMSによる二次代謝物分析を行った。代謝物分析には、平均値を介さないデータ統合や代謝相関解析に適しているone extraction method (MeOH/CHCl₃/H₂O)を用い、同一サンプルから化学物性に応じて代謝物を分離し、それぞれの分析に用いた。さらに本実験では、時間的栄養欠乏応答を詳細に解析するために、シロイヌナズナやアブラナ科以外の植物種の研究で用いられている栄養欠乏応答マーカー遺伝子の発現解析を行い、欠乏応答の指標とした。栄養欠乏応答マーカー遺伝子は、アミノ酸配列を用いた系統樹解析及びシンテニー解析により、配列的、機能的及び進化的に類似しているオルソログ遺伝子を選択し、すべての種に保存された共通配列上にプライマーをデザインした。

(3) 生合成経路上での代謝変動解析、代謝相関解析及び種間比較解析

生合成経路上での代謝変動解析に加え、表現型、代謝物、遺伝子発現の各解析で得られたすべての結果を統合して、それぞれの組み合わせにおける相関解析や代謝ネットワーク解析を行い、代謝物変動の生理学的解釈を行った。

(4) モデル植物での研究結果を踏まえた作物種の研究 (1)(2)(3)

作物種への応用展開を目的として、アブラナ科植物を含めた約100品種における二次代謝物の多様性解析を行い、アブラナ科植物種レベルでのグルコシノレート類の推定生合成経路を構築した。この多様性解析結果を利用して、アブラナ科作物品種群をグループ分けした後、硫黄欠乏実験を実施し、代謝物分析、遺伝子発現解析、データ相関解析を行った。さらに、アブラナ科植物以外の他の植物種への応用に向けて、栄養欠乏下で生育したトマト、ダイズ、イネ等の遺伝

子発現解析を行い、アブラナ科植物で特定した栄養欠乏応答マーカー遺伝子が他の植物種でも利用可能であるか評価した。

4. 研究成果

(1) アブラナ科モデル植物 5 種を用いた窒素、リン、硫黄経時的欠乏実験

窒素欠乏条件下においては、5 種の植物種すべてにおいて著しい生育遅延が見られた。また、植物種によっては、顕著なクロロフィル蓄積量の減少や色素沈着が確認された。硫黄及びリン欠乏条件下においては子葉や成熟葉に部分的な黄化が観察された。

(2) 代謝物分析、栄養欠乏応答マーカー遺伝子の発現解析

計 136 サンプルの代謝物抽出後、代謝物分析を行い、計 171 化合物 (IC: 8 化合物、GC-MS: 81 化合物、LC-MS: 82 化合物) のデータを得た。イオン分析により、各栄養欠乏条件下での植物内の経時的なイオン減少を確認した。

栄養欠乏応答マーカー遺伝子の特定は、現在までのシロイヌナズナでの研究例から、i) 遺伝子発現応答が顕著であり、ii) 再添加実験においても応答する遺伝子で、iii) 各栄養欠乏応答に特異的かつ、iv) 他の植物種においても応答すると報告されている遺伝子を、各栄養欠乏応答特異的なマーカー遺伝子候補として各 3 遺伝子を選定した。これらの遺伝子について、配列的、進化的及び欠乏応答的に保存されているオルソログ遺伝子を決定し、遺伝子発現解析を行った。解析の結果、選抜した候補遺伝子群において、植物種に共通した応答が確認され、アブラナ科植物 5 種に共通する栄養欠乏応答マーカー遺伝子を特定できた (図 1)。

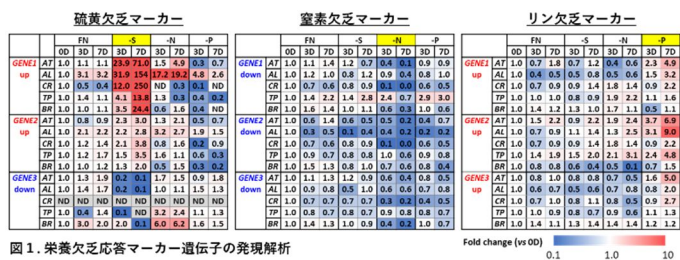


図 1. 栄養欠乏応答マーカー遺伝子の発現解析

(3) 生合成経路上での代謝変動解析、代謝相関解析及び種間比較解析

全体的な代謝物の変動を解析するために主成分分析 PCA を行った結果、一次代謝物変動においては窒素欠乏、二次代謝物変動においては植物種を主成分とした分離が観察された (図 2)。次に、各栄養欠乏条件下における代謝物変動を生合成経路上でカタログ化した (図 3)。また、ベンダイアグラム解析により、5 種共通で上昇もしくは減少する栄養欠乏応答マーカー代謝物を見出した。また、代謝物変動の生理学的解釈として、含硫黄二次代謝物であるグルコシノレートの再利用効率と硫黄欠乏耐性に関連性があることを示唆する結果が得られた。

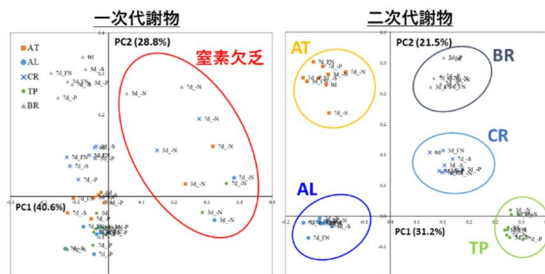


図 2. 栄養欠乏条件下での代謝物変動データを用いた主成分解析 (PCA)

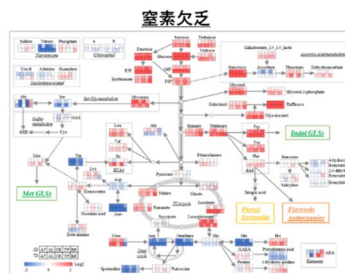


図 3. 生合成経路を用いた代謝物変動のカタログ化 (窒素欠乏下での代謝変動の例)

(4) モデル植物での研究結果を踏まえた作物種の研究 (1) (2) (3)

現在までに報告されているグルコシノレートの化学構造情報 (計 200 種類) を天然物データベースから取得し、化学構造や前駆体アミノ酸の種類をもとに 27 分類項目を定義することで、アブラナ科植物種レベルでの予想生合成経路を構築した。また、構築した生合成経路をもとに、約 100 品種のアブラナ科植物の葉について、LCMS を用いたグルコシノレート代謝多型解析を行った。推定生合成経路と代謝多型データの統合解析を行い、それぞれの植物種におけるグルコシノレート生合成経路とその生合成経路に参与する酵素遺伝子群を明らかにした。また、アブラナ科作物品種を用いて硫黄欠乏実験、代謝物分析、遺伝子発現解析を行った結果、アブラナ科モデル植物 5 種の実験により特定した栄養欠乏応答マーカー代謝物や遺伝子が有効であることが示された。また、作物品種群においてもアブラナ科モデル植物 5 種と同様に、含硫黄二次代謝物であるグルコシノレートの再利用効率と硫黄欠乏耐性に関連性があることを示唆する結果が得られた (図 4)。

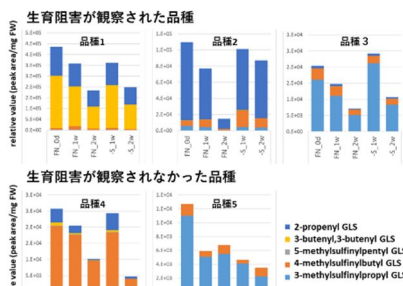


図 4. 作物品種における硫黄欠乏条件下でのグルコシノレート蓄積量変動

さらに、アブラナ科植物以外の他の植物種への応用に向けて、栄養欠乏応答マーカー遺伝子群の比較ゲノムシニ領域解析を行った結果、タンDEM複製し、新機能に分化している可能性がある遺伝子群をいくつかの植物種で見出すことができた。また、栄養欠乏下で生育したトマト、ダイズ、イネ等の遺伝子発現解析を行った結果、本研究で特定した栄養欠乏応答マーカー遺伝子が他の植物種でも利用可能であることが示された。その一部の研究結果について、学会及び国際科学雑誌 (Liu et al., 2021; Aarabi et al., 2021; Watanabe et al., 2021) で発表した。また、本研究で構築した植物の代謝多様性に関わる鍵遺伝子特定法 (Calumpang et al., 2020; Saigo et al., 2020; Tohge et al., 2020; Watanabe et al., 2020; Aneklaphakij et al., 2021) 及び、植物の代謝物変動のカタログ化法/マーカー特定法 (Sangpong et al., 2021) を用いて行った研究結果を論文発表した。コロナ禍により、最終的に研究協力者であるドイツマックスプランク研究所への滞在と一部の実験は行えなかったが、研究は概ね順調に完了したといえる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Aarabi Fayeze, Rakpenthai Apidet, Barahimipour Rouhollah, Gorka Michal, Alseekh Saleh, Zhang Youjun, Salem Mohamed A, Brueckner Franziska, Omranian Nooshin, Watanabe Mutsumi, Nikoloski Zoran, Giavalisco Patrick, Tohge Takayuki, Graf Alexander, Fernie Alisdair R, Hoefgen Rainer	4. 巻 187
2. 論文標題 Sulfur deficiency-induced genes affect seed protein accumulation and composition under sulfate deprivation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 2419 ~ 2434
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plphys/kiab386	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sangpong Lalida, Khaksar Gholamreza, Pinsorn Pinnapat, Oikawa Akira, Sasaki Ryosuke, Erban Alexander, Watanabe Mutsumi, Wangpaiboon Karan, Tohge Takayuki, Kopka Joachim, Hoefgen Rainer, Saito Kazuki, Sirikantaramas Supaart	4. 巻 12
2. 論文標題 Assessing dynamic changes of taste-related primary metabolism during ripening of durian pulp using metabolomic and transcriptomic analyses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 687799
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2021.687799	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Watanabe Mutsumi, Chiba Yukako, Hirai Masami Yokota	4. 巻 12
2. 論文標題 Metabolism and regulatory functions of O-acetylserine, S-adenosylmethionine, homocysteine, and serine in plant development and environmental responses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 643403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2021.643403	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Liu Yuting, Watanabe Mutsumi, Yasukawa Sayuri, Kawamura Yuriko, Aneklaphakij Chaiwat, Fernie Alisdair R., Tohge Takayuki	4. 巻 12
2. 論文標題 Cross-species metabolic profiling of floral specialized metabolism facilitates understanding of evolutionary aspects of metabolism among Brassicaceae species	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 640141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2021.640141	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Aneklaphakij Chaiwat, Saigo Tomoki, Watanabe Mutsumi, Naake Thomas, Fernie Alisdair R., Bunsupa Somnuk, Satitpatipan Veena, Tohge Takayuki	4. 巻 12
2. 論文標題 Diversity of chemical structures and biosynthesis of polyphenols in nut bearing species	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 642581
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2021.642581	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Watanabe Mutsumi, Walther Dirk, Ueda Yoshiaki, Kondo Katsuhiko, Ishikawa Satoru, Tohge Takayuki, Burgos Asdrubal, Brotman Yariv, Fernie Alisdair R, Hoefgen Rainer, Wissuwa Matthias	4. 巻 43
2. 論文標題 Metabolomic markers and physiological adaptations for high phosphate utilization efficiency in rice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant, Cell & Environment	6. 最初と最後の頁 2066 ~ 2079
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pce.13777	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Calumpang Carla Lenore F., Saigo Tomoki, Watanabe Mutsumi, Tohge Takayuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Cross-species comparison of fruit-metabolomics to elucidate metabolic regulation of fruit polyphenolics in pepper (<i>Capsicum annuum</i> cv.) cultivars	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Metabolites	6. 最初と最後の頁 209 ~ 209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/metabo10050209	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tohge Takayuki, Scossa Federico, Wendenburg Regina, Frasse Pierre, Balbo Ilse, Watanabe Mutsumi, Alseekh Saleh, Jadhav Sagar Sudam, Delfin Jay C., Lohse Marc, Giavalisco Patrick, Usadel Bjoern, Zhang Youjun, Luo Jie, Bouzayen Mondher, Fernie Alisdair R.	4. 巻 13
2. 論文標題 Exploiting the natural variation in tomato to define pathway structure and metabolic regulation of fruit polyphenolics in the lycopersicum complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Molecular Plant	6. 最初と最後の頁 1027 ~ 1046
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.molp.2020.04.004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Saigo Tomoki, Wang Tong, Watanabe Mutsumi, Tohge Takayuki	4. 巻 55
2. 論文標題 Diversity of anthocyanin and proanthocyanin biosynthesis in land plants	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Current Opinion in Plant Biology	6. 最初と最後の頁 93 ~ 99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pbi.2020.04.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 Maria Kenosis Emmanuelle Lachica, Shinichiro Komaki, Mutsumi Watanabe, Takayuki Tohge
2. 発表標題 Cross-species comparative genomics of transcriptional regulators in the hydroxycinnamate biosynthetic pathway
3. 学会等名 第64日本植物生理学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 白川一、小黒友輝、菅野茂夫、山岡尚平、相良真由、谷田舞、松本紘弥、熊石妃恵、吉田颯馬、渡邊むつみ、峠隆之、鈴木孝征、市橋泰範、武宮淳史、山口暢俊、河内孝之、伊藤寿朗
2. 発表標題 保存されたFAMA-WSBモジュールの転用によるアブラナ目生体防御系の進化
3. 学会等名 第64日本植物生理学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川俣零、峠隆之、渡邊むつみ、野あおい
2. 発表標題 プロアントシアニジン生合成経路の解明
3. 学会等名 第64日本植物生理学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 家田愛菜、峠隆之、渡邊むつみ
2. 発表標題 ダイズの硫黄欠乏応答遺伝子の機能解析
3. 学会等名 第64日本植物生理学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 早川修平、Chaiwat Aneklaphakij、渡邊むつみ、峠隆之
2. 発表標題 落花生におけるポリフェノール代謝経路の解析
3. 学会等名 第39日本植物バイオテクノロジー学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新屋和花、清水崇史、渡邊むつみ、峠隆之
2. 発表標題 アブラナ科植物におけるインドール特化代謝物産生の種間比較解析
3. 学会等名 日本植物学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡邊むつみ、山際天衣子、塚田良、峠隆之
2. 発表標題 硫黄欠乏応答遺伝子群の植物種間比較
3. 学会等名 第63回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野あおい, 渡邊むつみ, 峠 隆之
2. 発表標題 植物二次代謝 プロアントシアニン生合成の転写制御と蓄積機構の解明
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西郷知樹, Chaiwat Aneklaphakij, 渡邊むつみ, Thomas Naake, Alisdair R. Fernie, Somnuk Bunsupa, Veena Satitpatipan, 峠 隆之
2. 発表標題 植物二次代謝 ナッツ類に含まれるポリフェノールの化学構造多様性と生合成遺伝子
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Carla Lenore Ferrolino Calumpang, Tomoki Saigo, Mutsumi Watanabe, Takayuki Tohge
2. 発表標題 Cross-species fruitomics to elucidate biosynthetic structure and metabolic regulation of fruit polyphenolics in the Solanaceous species
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuting Liu, Sayuri Yasukawa, Yuriko Kawamura, Chaiwat Aneklaphakij, Mutsumi Watanabe, Takayuki Tohge
2. 発表標題 Cross-species comparison of floral specialized metabolites deciphering evolutionary aspects in Brassicaceae species
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口玲於, 峠隆之, 渡邊むつみ
2. 発表標題 シロイヌナズナにおける γ -Substituted Alanine Synthase (BSAS) 遺伝子の機能解析
3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西元峻太, 中山加奈, ライナーホフゲン, アリスダーファーニー, 渡邊むつみ, 峠隆之
2. 発表標題 アブラナ科作物種 <i>B. oleracea</i> の硫黄欠乏応答の解析
3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山際天衣子, 峠隆之, 渡邊むつみ
2. 発表標題 シロイヌナズナのセリンアセチル転移酵素 class III 遺伝子の機能解析
3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西郷知樹, 丸居寛, 王Tong, 渡邊むつみ, 峠隆之
2. 発表標題 アントシアニンの化学構造と制御因子の多様性解析
3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Carla Lenore F. Calumpang, Mutsumi Watanabe, Takayuki Tohge
2. 発表標題 Cross-species comparison of fruit-metabolomics to define pathway structure and metabolic regulation of fruit polyphenolics in different species of pepper (Capsicum spp.)
3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tong Wang, Tomoki Kobayashi, Mutsumi Watanabe, Takayuki Tohge
2. 発表標題 Cross-species comparison and functional analysis of flavonoid type MYB transcription factors
3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

植物二次代謝研究室 https://bsw3.naist.jp/tohge/?cate=462
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	峠 隆之 (Tohge Takayuki) (30415236)	奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授 (14603)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	ホフゲン ライナー (Hoefgen Rainer)		
研究協力者	ファーニー アリスダー (Ferne Alisdair)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
	ドイツ	マックスプランク研究所		
タイ	チュラロンコン大学	マヒドン大学		