

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：34204

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2022

課題番号：21K19278

研究課題名（和文）新たなグリーンイノベーション実現に貢献するコリンによる植物生育促進の機構解明

研究課題名（英文）Mechanism of plant growth promotion by choline that contributes to the realization of new green innovation

研究代表者

蔡 晃植（Sai, Koushoku）

長浜バイオ大学・バイオサイエンス研究科・教授

研究者番号：00263442

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：塩化コリンやN-アリルグリシンを様々な植物に処理したところ、乾燥重量が約10%から25%増加し、植物の光合成活性が約15%上昇することが示された。そこで、このような光合成促進と生育促進の関係を明らかにするために、光合成活性を有する培養細胞と光合成活性を有さない培養細胞を用いて調べたところ、コリンとN-アリルグリシンによる生育促進は光合成活性の促進に起因することが明らかになった。次に、塩化コリンまたはN-アリルグリシンによって発現変動する遺伝子をRNAseqで調べたところ、光合成の電子伝達系に関わる遺伝子が共通して発現上昇することが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本申請研究によって植物の成長には14種類の無機元素だけでなく、塩化コリンやN-アリルグリシンなどにより活性化される生育促進経路が存在し、この生育促進が光合成の促進によって引き起こされていることが初めて明らかになった。この研究結果によって、新たな生育促進経路を活性化する有機物質を加えた無機・有機ハイブリッド肥料の作製が可能となり、生育促進と品質向上が得られる新しい農業を提示できた。

研究成果の概要（英文）：Choline chloride and N-allylglycine increase plant growth by about 10% and photosynthetic activity of plants by about 15%. The growth enhancement by choline chloride and N-allylglycine was observed only in cells with photosynthetic activity. Transcriptome analysis using choline chloride or N-allylglycine treated plants showed that genes involved in the electron transport system of photosynthesis were commonly upregulated.

研究分野：植物分子生理学

キーワード：植物の生育促進 光合成促進 塩化コリン N-アリルグリシン トランスクリプトーム メタボローム

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

1840年にリービヒは、植物の成長にはリン、カリウム、窒素という3大栄養素とともに二次要素としてのカルシウム、マグネシウム、硫黄、さらに微量元素としてマンガン、ホウ素などの14種類の無機元素のみが必要であるとの無機栄養説を提唱した。この説に沿って、化学肥料が開発され、これの化成肥料を用いた農業が世界中で行われている。一方、土壌病害虫や雑草の防除法である、土壌を黒色のビニールで覆い太陽光をあてるという、いわゆる「太陽熱処理」を行った土壌では、無機肥料が十分に含まれた土壌で生育させた時よりその生育が促進されるという現象が知られていた。このような現象の分子基盤を得るために、研究代表者は、この土壌に対するマルチオミックス解析を行い、農業生態系のデジタル化を試みた結果、太陽熱処理した土壌で生育させた植物では根圏に特徴的な細菌叢が形成され、土壌中にコリンが蓄積していることが示された (Ichihashi et al., 2020)。以前、研究代表者は化学的手段による光合成促進を目的として、酸素電極とコムギのプロトプラストを用いた簡便なアッセイ系を用いることでコリン類縁体およびN-置換グリシン類縁体のいくつかが光合成促進活性を有することを報告した (図2) (Hyeon et al., 1988a, 1988b)。さらに、塩化コリンを植物に施肥すると、生育が促進されることも示され、現在塩化コリンは植物生長調整剤として農薬登録がとられている (図1) (Takeuchi et al., 1988)。このような結果を考え合わせると、植物には14種類の無機元素によって活性化される生育制御系だけでなく、コリンによって活性化される未知の生育制御系が存在する可能性が示される。しかし、コリンによる光合成促進や生育促進の分子機構についてはほとんど明らかになっていないので、この可能性については未だ推論の域を出ていないのが現状であった。



コントロール コリン処理  
図1 コリンによる生育促進

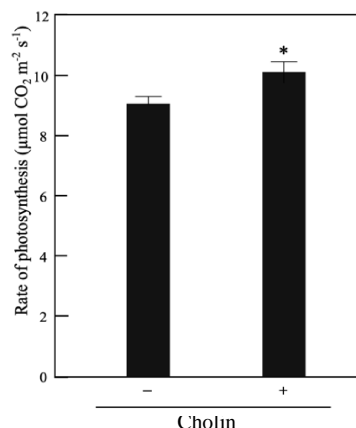


図2 コリンによる光合成促進

### 2. 研究の目的

土壌病害虫や雑草の防除法として知られている「太陽熱処理」を行った土壌では、無機肥料が十分に含まれた土壌で生育させた時より植物の生育が促進されることが知られていた。研究代表者は、この土壌についてマルチオミックス解析を行い、この土壌に含まれるコリンによって植物の生育が促進されていることを示した (Ichihashi et al., 2020)。以前、我々はコリンやN-アシルグリシンを十分な無機肥料成分を含む培地に加え植物を生育させると、これら化合物が細胞内に取り込まれ、光合成が促進され生育も促進されることを示している (Hyeon et al., 1988a, 1988b, Che et al., 1990) ことから、植物には無機元素によって活性化される生育制御系だけでなく、コリンによって活性化される新規の生育制御系も存在する可能性が示唆される。しかし、コリンによる光合成促進の分子機構や光合成促進と生育促進との相関関係についてはほとんど明らかになっていない。そこで、本研究では、コリンによる光合成促進の分子機構を明らかにし、この光合成促進がどのようにして生育促進を誘導するのかについての分子知見を得ることで、コリンによって活性化される新規の生育制御系を証明することを目的とする。コリンによる生育促進と光合成促進の分子機構が明らかになれば、コリンを利用した植物栽培方法が確立されることになり、新たなグリーンイノベーションの実現に貢献するであろう。

### 3. 研究の方法

#### 1) シロイヌナズナの生育促進

シロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) の Col-0 エコタイプの種子 (300 粒程度) とシロイヌナズナ種子滅菌溶液 1 ml を 1.5 ml チューブに入れ 10 分間 voltex ミキサーで混合した。その後、卓上遠心機で 5 秒間遠心分離した後、クリーンベンチ内で上清を除いた。滅菌水を 1 ml 加え、転倒混和し 5 秒間遠心分離し上清を除き洗浄した。この洗浄操作を 5 回繰り返した後、0.1% Agar 溶液をオートクレーブで滅菌した後、室温まで冷ましたものを、滅菌したシロイヌナズナ種子に 1 ml 加えて懸濁した。

シロイヌナズナを生育させる培地を作製するため、1 L 用のムラシゲ・スクーグ培地用混合塩類 2.3 g を超純水 200 ml に溶解して 5×ムラシゲ・スクーグ培地用混合塩類溶液を作成した。その後、50 ml チューブに 30 ml ずつ分注して -20 °C で保存した。次に、1/2MS 培地原液 (1%スクロース含有) を作成するために、5×ムラシゲ・スクーグ培地用混合塩

類溶液を 30 ml、Agar (wako) 2.4 g、sucrose (wako) 3 g を計り取り超純水を 200 ml 加えて、1 M の NaOH を用いて pH を 5.8 に調整した後、270 ml にメスアップしてビタミン類は加えずにオートクレーブで滅菌した。培地が冷えたら、クリーンベンチ内で、乾熱滅菌した 100 ml 三角フラスコに 1/2MS 培地原液 (1%スクロース含有) を 27 ml 入れ、3 ml の滅菌水とそれぞれフィルター滅菌した *N*-アリルグリシンや塩化コリンを添加した。その後、プロピオペトリディッシュに注ぎ入れクリーンベンチ内で固化するまで静置した。各培地に滅菌した 0.1% Agar 溶液に懸濁したシロイヌナズナの種子を先切りチップをつけたピペットマンを用いて 1 プレートあたり 16 粒播種し、容器の蓋をサージカルテープで巻き密閉した。発芽時期を揃えるために 4、24 h 暗期に 2 日間静置した後、人工気象器内 (23、16 h 明期、8 h 暗期、光量子量約 110  $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ) で生育させた。10 日間生育させたシロイヌナズナを地上部と地下部に分けてそれぞれ 1.5 ml チューブに入れ、2 日間-80 に静置し、凍結させ、その後、真空凍結乾燥機 (ADVANTEC VF-350) で凍結乾燥し、重量を測定し、各植物体の乾燥重量を測定した。

## 2) *Brassica rapa* の生育促進

*B. rapa* の種子 30 粒と純水 10 ml を 15 ml チューブに入れて 5 分間転倒混和した。純水を除き 70%エタノールを 10 ml 加え 5 分間転倒混和した。70%エタノールを除き尾上菜種子滅菌溶液を加え 40 分間転倒混和した後、クリーンベンチ内で種子滅菌溶液を除いた。滅菌水を 10 ml 加え転倒混和し上清を除き洗浄する操作を 5 回繰り返した後、0.1% Agar 溶液をオートクレーブで滅菌した後、室温まで冷ましたものを、滅菌した *B. rapa* 種子に 2 ml 加え懸濁した。*B. rapa* を生育させる培地を作製するため、2.4 g の Agar を含む 294 ml の水をオートクレーブで滅菌し、培地がある程度冷えたら、クリーンベンチ内で、それぞれフィルター滅菌した OAT ハウス 1 号と OAT ハウス 2 号、および *N*-アリルグリシンと塩化コリンを添加した。その後、アセプトシャーレに 30 ml 程度注ぎ入れ、クリーンベンチ内で固化するまで静置した。

OAT ハウス A 処方寒天プレートに滅菌処理した *B. rapa* の種子をプレート 1 枚あたり 9 粒播種し、サージカルテープで密閉した。4、24 h 暗期に 2 日間静置した後、人工気象器内 (23、16 h 明期、8 h 暗期、約 110  $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ) で 7 日間生育させた。発芽した *B. rapa* を塩化コリン含有 OAT ハウス A 処方栽培培地、*N*-アリルグリシン含有 OAT ハウス A 処方栽培培地、OAT ハウス A 処方栽培培地の入ったプラントボックスに植え替えた。プラントボックスの蓋は 9 の穴を開け MilliSeal (メルク) を貼り付け、無菌的に換気できるようにしたもので蓋をしてサージカルテープで密閉した。人工気象器内 (23、16 h 明期、8 h 暗期、約 110  $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ) で生育させ、3 週間生育させた植物体の地上部を回収し 65 で乾燥させた後、乾燥重量を測定した。

## 3) *B. rapa* を用いた RNAseq 解析

*B. rapa* の種子を水で湿らせた植物栽培用のスポンジに播種し、3 日間室温で静置した。発芽した *B. rapa* を OAT ハウス A 処方栽培溶液が入った完全閉鎖型植物工場の栽培用棚に移植し、23、24 h 全明、白色光、光量子量 300  $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$  で 7 日間生育させ幼苗にした。幼苗を 6  $\mu\text{M}$  塩化コリン含有 OAT ハウス A 処方栽培溶液、6  $\mu\text{M}$  *N*-アリルグリシン含有 OAT ハウス A 処方栽培溶液、OAT ハウス A 処方栽培溶液を入れた栽培棚に定植し、23、24 h 全明、白色光、光量子量 300  $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$  で生育させた。定植後 0, 3, 6 日目に第 3 葉を採取し直ちに液体窒素中で凍結させた。各サンプルを液体窒素下で乳鉢と乳棒を用いて破碎し、RNeasy Plant Mini Kit (50) を用いて total RNA を抽出した。RNA 配列解析は NovaSeq 6000 を使用した。

## 4. 研究成果

### 1) 塩化コリンまたは *N*-アリルグリシンによるシロイヌナズナの生長促進

塩化コリンや *N*-アリルグリシンをシロイヌナズナに処理した時に生育促進が認められるかどうかを調べた。シロイヌナズナ Col-0 エコタイプを 1%スクロース含有 1/2MS 培地に最終濃度が 6  $\mu\text{M}$  となるように *N*-アリルグリシンまたは塩化コリンを加えた培地に播種し 23°C、16 h 明期 8 h 暗期で 10 日間生育させた後、植物体を回収し、地上部と地下部の乾燥重量をそれぞれ測定した。その結果、地上部の乾燥重量は、mock 処理では 1.279 mg、6  $\mu\text{M}$  *N*-アリルグリシン処理では 1.431 mg、6  $\mu\text{M}$  塩化コリン処理では 1.652 mg であった。すなわち、*N*-アリルグリシン処理では mock 処理に対して 1.12 倍の重量増加が認められ、塩化コリン処理では mock 処理に対して 1.29 倍の重量増加が認められた。一方、地下部の乾燥重量は、mock 処理では 0.473 mg、6  $\mu\text{M}$  *N*-アリルグリシン処理では 0.535 mg、6  $\mu\text{M}$  塩化コリン処理では 0.563 mg であった。すなわち、*N*-アリルグリシン処理では mock 処理に対して 1.13 倍の重量増加がみとめられ、塩化コリンでは mock 処理に対して 1.19 倍の重量増加が認められた。以上のことから、塩化コリンと *N*-アリルグリシンは、無機肥料が完全に施肥された培地で生育するシロイヌナズナの成長を促進することが示された。

### 2) *N*-アリルグリシン及び塩化コリンによる *B. rapa* の生長促進

次に、シロイヌナズナとは異なる植物種においても *N*-アリルグリシン及び塩化コリンによって生育促進が認められるかを調べるため、*B. rapa* を用いて検討した。OAT ハウス A 処方培地に種子滅菌した *B. rapa* の種子を播種し、23°C、16 h 明期 8 h 暗期で 1 週間生育させたものを OAT ハウス A 処方培地に終濃度が 6  $\mu$ M となるように塩化コリンまたは *N*-アリルグリシンを加えた培地に移植し 23°C、16 h 明期 8 h 暗期で 3 週間生育させた後、地上部の乾燥重量を測定した。その結果、mock 処理で 0.036 g、*N*-アリルグリシン処理で 0.052 g、塩化コリン処理で 0.053 g となった。このことから、*B. rapa* に *N*-アリルグリシンを処理した場合、mock 処理に対して 1.44 倍の重量増加が認められ、塩化コリン処理では 1.47 倍の重量増加が認められることが明らかになった。このことから塩化コリンと *N*-アリルグリシンは、*B. rapa* の生長を 40~50% も促進することが示された。

### 3) *N*-アリルグリシン及び塩化コリン処理によって発現変動する *B. rapa* の遺伝子

*N*-アリルグリシンと塩化コリンによる生育促進がシロイヌナズナより *B. rapa* でより強く認められたことから、これら化合物による生長促進の機構について *B. rapa* を用いて調べることにした。*N*-アリルグリシンと塩化コリンによる生育促進は同程度の濃度で誘導され、その生育促進の程度も同じであることから、その生育促進は同じ機構で誘導されている可能性が考えられる。そこで、*B. rapa* に *N*-アリルグリシンと塩化コリンを処理して共通して発現変動する遺伝子について RNAseq 解析で調べることにした。まず、RNAseq データのアッセンブルに使用するため、次世代シーケンサーを用いた *B. rapa* の全ゲノム配列決定を試みたところ、Read 数 566,507,810 個、総塩基数 54,976,171,500 塩基の配列データが得られた。そこで、配列解析により得られた全てのリードを Supernova (バージョン 2.0.0) で Pseudohap1 (ph.1) \ Pseudohap2 (ph.2) \ Pseudohap1 と 2 を複合させた Megabubbles (mb) の 3 つのパターンでアッセンブルを行なった。得られたアッセンブルデータを BUSCO で評価したところ、ph.2 では core gene のヒット数が 97.9% と最も高いことが示された。そこで、ph.2 のアッセンブルデータに含まれる遺伝子の解析を BRAKER2 により行なったところ、尾上菜のゲノムは 423 Mbp で構成され、ミトコンドリアと葉緑体を含む 68,408 個の遺伝子が存在すると推定された。また、予測された遺伝子の平均遺伝子長は 1,648 bp、平均 cds 長が 1,009 bp、平均エキソン数 4 個、平均エキソン長 232 bp であることも示された。

*B. rapa* において *N*-アリルグリシンと塩化コリンによる生長促進が認められたことから、この生長促進の機構を明らかにするために RNAseq 解析を用いて遺伝子の発現変動を調べた。その結果、処理後 3 日目に *N*-アリルグリシン処理によって mock 処理区に比較して 3 倍以上発現が上昇した遺伝子が 41 個、塩化コリン処理によって mock 処理区に比較して 3 倍以上発現が上昇した遺伝子が 115 個、10 倍以上発現が上昇した遺伝子が 1 個存在した。これら遺伝子の中で、*N*-アリルグリシン処理と塩化コリン処理で共通して 3 倍以上の発現が認められた遺伝子が 6 個存在した。処理後 6 日目に *N*-アリルグリシン処理によって mock 処理区に比較して 3 倍以上発現が上昇した遺伝子が 56 個、10 倍以上発現が上昇した遺伝子が 5 個存在した。塩化コリン処理によって mock 処理区に比較して 3 倍以上発現が上昇した遺伝子が 42 個、10 倍以上発現が上昇した遺伝子が 3 個存在した。このうち *N*-アリルグリシンと塩化コリン処理で共通して mock 処理区に比較して 3 倍以上発現が上昇した遺伝子が 13 個、*N*-アリルグリシンと塩化コリン処理で共通して 10 倍以上発現が上昇した遺伝子が 1 個存在した。

上記の解析から、*N*-アリルグリシンや塩化コリン処理により比較的多くの遺伝子が処理直後から発現誘導されていることが明らかになった。特に *N*-アリルグリシン処理によって発現が上昇する遺伝子の多くは塩化コリン処理によっても発現上昇していることも示された。このことから *N*-アリルグリシンおよび塩化コリンによる生長促進は、同じ経路を介して誘導されている可能性が高いことが示された。そこで、次に *N*-アリルグリシンや塩化コリン処理により共通して発現変動する遺伝子について解析してみた。その結果、処理 3 日目には、BTB/POZ domain-containing protein や zinc finger protein CONSTANS-LIKE 16 などの転写因子や、translation initiation factor IF3-4 や translation initiation factor eIF-2B などの葉緑体において機能する転写因子などが発現誘導されていた。また、処理 6 日目には、光合成電子伝達系における光化学系 II の反応中心である photosystem II protein D1 や集光タンパク質として働く light-harvesting complex II chlorophyll a/b binding protein 1 などが多く発現誘導されていることも明らかとなった。このことから、*N*-アリルグリシンや塩化コリン処理によって転写因子を介した光合成明反応系である光化学系の活性化が生じていることが推察された。

## 5. 考察

*N*-アリルグリシンと塩化コリンをそれぞれ最終濃度が 6  $\mu$ M になるように添加した培地でシロイヌナズナを生育させたところ地上部と地下部の乾燥重量の増加が認められた。また、*B. rapa* を *N*-アリルグリシンと塩化コリンをそれぞれ最終濃度が 6  $\mu$ M になるように添加した培地で生育させても、同じように地上部と地下部の乾燥重量の増加が認められた。塩化

コリンと *N*-アリルグリシンも同じ程度の生育促進を示したことから、*N*-アリルグリシンによる生長促進は、塩化コリンによる生長促進と同じ機構を介している可能性が考えられる。さらに、異なる植物種でも塩化コリンと *N*-アリルグリシンによって生育促進が認められたことから、このような減少は植物において普遍的に認められる可能性が示された。

そこで、塩化コリンと *N*-アリルグリシンによって発現変動する遺伝子を RNAseq で解析したところ、多くの共通する遺伝子が発現変動することが明らかになった。特に、処理 3 日目には translation initiation factor IF3-4 や translation initiation factor eIF-2B などの葉緑体で機能する転写因子が同じように発現誘導されており、処理 6 日目には光合成の光化学系

(PS ) の反応中心である photosystem II D1 protein や集光タンパク質として働く light-harvesting complex II chlorophyll a/b binding protein 1 などの光化学系に関わるタンパク質をコードする遺伝子の発現が共通して高くなっていった。これらのことから、塩化コリンと *N*-アリルグリシンを処理した植物で認められる乾物重量増加の機構としては以下のように考えることが出来る。塩化コリンと *N*-アリルグリシンによって葉緑体に存在する転写因子が増加し、これによって発現が制御されている光合成の特異光化学系のタンパク質の発現が増加する。light-harvesting complex II chlorophyll a/b binding protein 1 は葉に広く存在し光エネルギーを取り込む機能を有するので、このタンパク質の発現増加はより多くの光エネルギーを取り込めるようになる。また、塩化コリンと *N*-アリルグリシンによって発現誘導された photosystem II D1 protein は集光タンパク質が取り込んだ光エネルギーを受け取る役目をしているので、このタンパク質の発現量増加はより多くの光エネルギーを取り込めることになり、その結果還元力としての NADPH や光リン酸化による ATP の合成量が増加する。ここで作られた ATP や NADPH はカルビン-ベンソン回路で消費され、その結果糖が合成されるので、NADPH や ATP の増加はより多い糖の合成につながり、結果、乾物重量が増加することになる。

我々は以前、光合成活性を持つ photoautotrophic タバコ培養細胞を用いて詳細な解析を行い、塩化コリンによって誘導される光合成促進は、光合成の電子伝達系の促進によって誘導されていることを示している (Che et al., 1993)。このことは、今回の遺伝子発現解析で得られた結果とよく一致する。今後、このような仮説が正しいかどうかを検証するため、塩化コリンと *N*-アリルグリシン処理により光化学系が促進されているかどうか、またこれによるカルビン-ベンソン回路の促進が認められるかどうかを検証する必要があるだろう。それと同時に、今回の RNAseq 解析の結果から、発現量が減少する遺伝子の解析やメタボロームやプロテオームを交えたオミックス解析を推進していくことで、今回提唱した塩化コリンと *N*-アリルグリシン処理によって誘導される生育促進の機構を実証できると考える。

## 6 . 引用文献

- Che F. S., Cho C., Hyeon S. B., Maruyama T., Furushima M. and Suzuki A. (1988a) Effects of N-substituted glycine analogues on photosynthesis in wheat protoplasts. *Agric Biol Chem* 52: 1851-1853.
- Hyeon S. B., Cho C., Che F. S., Tsukamoto C., Tanaka A., Furushima M. and Suzuki A. (1988b) Effects of choline chloride and its analogues on photosynthesis in wheat protoplasts. *Agric Biol Chem* 51: 917-919.
- Che F. S., Cho C., Hyeon S. B., Isogai A. and Suzuki A. (1990) Metabolism of choline chloride and its analogs in wheat seedlings. *Plant Cell Physiol* 31: 45-50.
- Che F. S., Sato F., Hyeon S. B., Isogai A., Yamada Y. and Suzuki A. (1993) Stimulation of photosynthesis and growth of photoautotrophic cultured plant cells by choline and its analogs. *Plant Cell Reports* 12: 691-697.
- akeuchi, Y., Ogasawara, M., Kim, S-J., Konnai, M., Takematsu, T., Suzuki, A., Hyeon, S. B., Che, F. S., and Furushima, M. (1990) Promotive effect of Manilagrass (*Zoysia matrella* Merr.) and bentgrass (*Agrostis stolonifera* L. cv. Pencross). *Sibakusakenkyu* 19: 15-21.
- Ichihashi, Y., Date, Y., Shino, A., Shimizu, T., Shibata, A., Kumaishi, K., Funahashi, F., Wakayama, K., Yamazaki, K., Umezawa, A., Sato, T., Kobayashi, M., Kamimura, M., Kusano, M., Che, F.S., Brien, M.O., Tanoi, K., Hayashi, M., Nakamura, R., Shirasu, K., Kikuchi, K., Nihei, N. (2020) Multi-omics Analysis on an Agroecosystem Reveals the Significant Role of Organic Nitrogen to Increase Agricultural Crop Yield. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A*, 117:14552-14560.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 蔡 晃植、池田直樹、神村麻友、鈴木昭憲	4. 巻 57
2. 論文標題 光合成促進活性を有するN-アシルグリシンによって誘起される植物生長促進とその機構	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 植物の生長調節	6. 最初と最後の頁 57-61
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 池田 直樹、松浦 佑馬、神村 麻友、蔡 晃植
2. 発表標題 コリンおよび N- アシルグリシンによる植物生長促進とその分子機構
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 池田直樹、上杉晃作、神村麻友、蔡晃植
2. 発表標題 塩化コリンとN-アシルグリシンによる植物生長促進の機構解析
3. 学会等名 植物化学調節学会第57回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 池田直樹、上杉晃作、神村麻友、蔡晃植
2. 発表標題 塩化コリンとN-アシルグリシンによって誘導される植物生長促進の機構解析
3. 学会等名 第45回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 池田直樹、上杉晃作、神村麻友、蔡晃植
2. 発表標題 塩化コリンとN-アシルグリシンによって引き起こされる植物生長促進の分子機構
3. 学会等名 第5回北陸線植物バイオサイエンス研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上杉晃作、池田直樹、神村麻友、蔡晃植
2. 発表標題 塩化コリンによって誘導されるシロイヌナズナの生長促進の機構解析
3. 学会等名 第5回北陸線植物バイオサイエンス研究会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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

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