

平成30年6月19日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H04574

研究課題名(和文) 高機能性野菜栽培法の確立に向けた環境制御による植物反応機構の多面的網羅的解析

研究課題名(英文) Multifaceted and exhaustive analysis of the reaction mechanism of the plant by the environment control for the establishment of the cultivation method of high functional vegetables

研究代表者

小川 敦史 (Ogawa, Atsushi)

秋田県立大学・生物資源科学部・教授

研究者番号：30315600

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、植物工場における高機能性野菜の栽培法の確立のために、環境制御による水耕栽培葉菜の反応メカニズムを明らかにすることを目的とした。水耕栽培したレタスとコマツナを供試材料として、照射光の波長および養液環境の制御に注目し、(1)光合成活性を中心とした植物の成長要因の変動、(2)水溶性および脂溶性ビタミン含有量の変動とアミノ酸含有量の変動、(3)メタボローム解析による網羅的な代謝物質の変動、(4)トランスクリプトーム解析による網羅的な発現遺伝子群の変動について明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this study, it was intended that we clarified the reaction mechanism of the leaf vegetable by the environment control in the water culture for the establishment of the cultivation method of high functional vegetables in the Plant Factory. We paid attention to control of a wavelength of the irradiation light and the solution. We clarified about (1) the changes of the growth driver of the plant mainly on the photosynthetic activity, (2) the changes of soluble and the fat-soluble vitamins contents and amino acids contents, (3) the changes of the exhaustive metabolites by the metabolomics analysis, (4) the changes of the exhaustive expression gene clusters by the transcriptome analysis.

研究分野：生物環境調整

キーワード：植物工場 光環境 養液環境 メタボローム解析 トランスクリプトーム解析 光合成活性 アミノ酸
ビタミン

1. 研究開始当初の背景

季節や天候に左右されずに農産物を計画的かつ安定的に生産・供給できる新たな食料生産システムである植物工場は、近年大きな関心が集まっており、農業はもちろんそれ以外の業種からの参入が検討されている。農業就労人口の高齢化が進む中で、ニーズの高い国産食材を中長期的に安定供給していくための新たな体制整備が求められており、植物工場はその一翼を担うものと期待されている。一方普及へ向けて、設備投資や光熱費を中心とした運営費が高いという問題点が指摘されている。この問題点を解決するために、生育環境を厳密に制御できるという植物工場の利点を生かし、機能性をもつ野菜の栽培が有効な手段になり得ると考える。

環境制御による高機能性化に関する研究は、主に光環境制御と養液環境制御が用いられている。その手法は「ある環境制御に対して、一つの目的物の変化を検討する」というものである。近年、生体内の事象の変化を網羅的に調べる手法である「オミックス (omics)」が基礎医学を中心に用いられ多くの成果を得ている。これからの植物工場での環境制御による高機能性化を目指すにあたり、「ある環境制御に対して、事象の変化を網羅的に検討する」というオミックスを取り入れた研究手法が必要であると考えられる。

2. 研究の目的

上記の背景をもとに、本研究では「植物工場における高機能性野菜の栽培法の確立に向けて、環境制御による水耕栽培葉菜の反応メカニズムを明らかにする」ことを目的とする。これまでの研究代表者の実用化研究ならびに基礎研究のバックグラウンドを融合し、多面的・網羅的アプローチを行う。

本研究では環境制御の中でも光および養液環境制御に注目し、具体的に研究期間内に以下のことを明らかにする。

1. 光および養液環境制御による生育応答評価
2. メタボロミクスを用いた代謝変動物質の網羅的解析と機能性物質の解析
3. トランスクリプトーム解析による遺伝子群の網羅的同定と機能性向上に関わる重要発現因子の解明や代謝物質ならびに遺伝子発現変化の網羅的解析

3. 研究の方法

(1) 異なる光波長処理が葉の光合成活性に及ぼす影響

播種後 10 日目まで人工気象器内で育苗したリーフレタス (*Lactuca sativa* L., 品種: ノーチップ) を、7L 容器に 8 株/容器を移植し、ファイトトロンで栽培した。培養液としてハイポニカ肥料 (A 液と B 液・協和株式会社) の 500 倍希釈液を用い、1 週間ごとに交換した。環境条件は、明期 25 / 暗期 20、日長 12 時間とした。処理区として、植物育

成 LED 蛍光灯 (CiviLight 製) を用いた赤色区 (657 nm) および青色区 (448 nm) を設けた。播種後 4 週目より、携帯型ククロフィル蛍光計 (Os1p, Opti-Science) を用い、葉位別に光化学系の最大量子収率 (Fv/Fm) を測定した。Fv/Fm の測定は、測定開始時に測定可能な大きさに成長していた葉身について全て測定し、最も若い葉身を第 1 葉とした。播種後 5 週目に、携帯型光合成蒸散測定装置 (LI6400-XT, LI-COR) を用いて、最大葉の光合成速度を測定した。

(2) 異なる光波長処理が代謝産物に与える影響

材料には、リーフレタス (*Lactuca sativa* var. *crispa*, 品種: ノーチップ) とコマツナ (*Brassica rapa* var. *perviridis*, 品種: よかった菜) を用いた。レタスは、蛍光灯 (対照区)、赤色光 (657 nm)、青色区 (448 nm)、赤青混合光 1 区 (赤 50% : 青 50%)、赤青混合光 2 区 (赤 25% : 青 75%) 条件下で栽培した。コマツナは、白色 LED と組み合わせた 12 時間の UV-A (370nm) 照射、養液にメチルジャスモン酸 (MeJA) 46 μ M もしくはアブシジン酸 (ABA) 9 μ M を添加した条件下で栽培した。

レタスは、ビタミン B 群の含有量と抗酸化活性の変化について調査した。さらに、レタス植物体内での光条件に対する反応機構を理解するために、植物体内の代謝物質の網羅的解析であるメタボローム解析を行った。CE-TOF-MS のカチオンモード、アニオンモードによる測定を実施した。コマツナは脂溶性ビタミン (ビタミン A、D3、E、K1) 含有量について調査した。

(3) 異なる光波長処理が遺伝子発現に与える影響の網羅的解析

材料には、リーフレタス (*Lactuca sativa* var. *crispa*, 品種: ノーチップ) とコマツナ (*Brassica rapa* var. *perviridis*, 品種: よかった菜) を用いた。レタスは、蛍光灯 (対照区)、赤色 LED と青色 LED の比率を 50:50 (条件 1)、または 25:75 の比率 (条件 2) の異なる 3 条件で栽培し、それぞれ 3 個体ずつを用いた。コマツナは、明暗周期 12 時間 (対照区) に、UV-A を暗期のみ (条件 1)、明期のみ (条件 2)、明暗両期 (条件 3) の 4 条件で栽培した。回収した植物体を液体窒素凍結下で破砕し、全 RNA を抽出後、DNase I 処理によってゲノム DNA を除去した。その後、TruSeq RNA Sample Prep Kit ver.2 (イルミナ社) によって cDNA ライブラリーを調製し、HiSeq2500 (イルミナ社) により次世代シーケンシングを行った。

得られたリードの解析は、主に秋田県立大学バイオテクノロジーセンターに設置の Linux ワークステーションで行った。まず、リードの高品質化には、FASTX-Toolkit (ver. 0.0.14)、Prinseq (ver. 0.20.4)、Trimmomatic (ver. 0.36) の 3 つのプログラムを用い、FastQC (ver. 0.11.3) で品質を確認した。次

に、*de novo* アセンブリを Trinity(ver. 2.3.2, メモリ 496 GB, CPU コア数 20) を用いて行い、得られたコンティグから重複するコンティグを除くために CD-HIT(ver. 4.6) で処理し、最終的に、300 bp 未満の短いコンティグを除いたものを最終的なコンティグとした。マッピングには bowtie プログラム (ver. 1.1.2) を、リードカウントには RSEM プログラム (ver. 1.2.28) を、発現変動遺伝子 (DEGs) の検出には edgeR プログラムをそれぞれ用いた。アノテーションおよび KEGG パスウェイ解析は、Blast2GO プログラム (ver. 1.11.7) を用いた。

(4) ジャスモン酸処理によるアミノ酸の変化

ソバヤカイワレダイコンといったスプラウト類にジャスモン酸メチル (MeJA) を処理し、スプラウト中のアミノ酸含量に MeJA が与える影響を評価した。MeJA の処理量や、処理中の光の影響、施肥の影響、保存中のアミノ酸量の変化についても合わせて調べた。アミノ酸の分析は以下の方法で行った。スプラウトを破碎し、陽イオン交換カラムでアミノ酸を含む画分を得た。その画分を濃縮乾固した後、エタノール中でクロロギ酸エチルにより誘導体化し、アミノ酸誘導体化物を GC-MS で分析した。各アミノ酸の標品を同様に誘導体化し、検量線を作成し、スプラウト中に含まれるアミノ酸量を定量した。

4. 研究成果

(1) 異なり光波長処理が葉の光合成活性に及ぼす影響

播種後 4 週目より 4 日間の Fv/Fm は、いずれの葉位においても、青色区の Fv/Fm が赤色区よりも高い傾向を示した。特に、若い上位葉で処理区による違いが大きく、下位葉では処理区間の違いが小さくなった。最下位葉の第 6 葉では、両処理区で播種後日数が経つほど Fv/Fm が低下し、低下程度は赤色区の方が大きかった。播種 5 週間後に、個体内の最大葉において光強度を変えて光合成速度を測定した。いずれの光強度においても、青色区は赤色区よりも光合成速度が高かった。処理区間の違いは、100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上の光強度で大きくなる傾向があったが、光飽和点には大きな違いは見られなかった。以上より、赤色 LED 光下で栽培したリーフレタスは、青色 LED 光下の栽培と比べ、光化学系が障害を受けており、そのために同じ光強度条件下で光合成速度が低下していたと考えられた。

(2) 異なる光波長処理が代謝産物に与える影響

新鮮重は、対照区 (蛍光灯) と比較し、赤青混合区 (R50:B50) で約 1.8 倍に増加した。赤色光条件下で栽培し収穫 4 日前から青色光で栽培した処理区では、栽培期間を通して赤色光で栽培した処理区と比較し、微量元素であるホウ素、鉄、マンガンの含有量が増加し

た。収穫 1 日前から青色光照射栽培した処理区で、ニコチン酸 (ビタミン B3) 含有量が対照区の約 2.1 倍に増加した。赤青混合光区 (R25:B75) で、抗酸化活性 (ORAC 値) が対照区より約 10 倍高くなった。以上の結果より、赤青混合光の照射がリーフレタスの生育を促進し抗酸化活性を高め、青色光の照射が微量元素およびビタミン B 群含有量を増加させる可能性があることが示唆された。生育を維持しながら成分を上昇させるためには、赤青混合光を照射することで生育を上昇させ、青色光を収穫前短期間照射することで、微量元素やビタミン B 群含有量および抗酸化活性の増加に最も効果的な栽培方法ではないかと考えられた。

メタボローム解析の結果、162 (カチオン 110, アニオン 52) の代謝物質のピークが検出された。全 162 のピーク面積の相対値比を各処理区毎に算出して t-検定を実施した結果、対照区と赤青混合光 1 区との間で有意な変動を示した代謝物質は 8, 対照区と赤青混合光 2 区との間で有意な変動を示した代謝物質は 9, また、赤青混合光 1 区と赤青混合光 2 区との間で有意な変動を示した代謝物質は 3 であった。例えば、赤青混合光 1 区において、グルタミン酸 (Glu) が対照区の 1.2 倍増加していた。グルタミン酸は多くの代謝系やアミノ酸合成に重要な物質であることから、生育が促進傾向であった処理区において供給量が増加したと予想された。また赤青混合光 1 区と赤青混合光 2 区の両処理区において、生体内の主要な抗酸化成分と言われるグルタチオン (還元型 (GSH) および酸化型 (GSSG)) がともに対照区より増加していた。これはグルタミン酸から γ -グルタミルシステイン (γ -Glu-Cys) を経て合成され、光環境制御という一種のストレスに対する生体反応を示しているものと考えられた。

白色 LED と組み合わせた 12 時間の UV-A (370nm) 照射、MeJA 46 μM もしくは ABA 9 μM の投与はコマツナのビタミン D3, E, K1 の減少に有効であった。また 12 時間の UV-A 照射と MeJA 投与の組み合わせはコマツナのビタミン A の増加に有効であることが明らかになった。生育はいずれの処理区にも有意な差が認められなかったため、更なる栽培条件の検討により収量を維持したまま高脂溶性ビタミン含有葉菜や低ビタミン K1 含有葉菜の栽培法の確立が期待できる。

(3) 異なる光波長処理が遺伝子発現に与える影響の網羅的解析

レタスの RNA-seq 解析では、457,914,924 本のリードから低品質のリードを除去し、398,598,708 本の高品質のリードが得られ、アセンブルの結果、101,126 遺伝子 (209,758 転写産物) が得られた。重複配列および短い配列を除去した結果、最終的に 65,689 遺伝子 (113,192 転写産物) が得られた。また、GC 含有率は 39.92%、コンティグの N50 は

1,591 bpであった。一方、コマツナでは、424,367,978本のリードから373,010,238本の高品質のリードペアが得られ、最終的に46,998遺伝子(95,836転写産物)を得た。また、GC含有率は42.97%、コンティグのN50は1,536 bpであった。

各試験区間で、転写産物(コンティグ)の発現比を調べた結果、レタスでは、4倍以上の発現比を示した発現変動遺伝子

(differentially expressed gene, DEGs)は262個、10倍以上の発現比を示したのは146個あり、36遺伝子は500倍以上の発現比を示した。青色光の割合が増加すると発現が抑制される遺伝子が13個から177個へと急激に増加した。また、条件1と2で重複するDEGsは少なく、それぞれの照射処理が生物学的に異なる刺激として捉えられ、異なる生理応答を示したと考えられた。

コマツナでは、100倍以上の発現比を示したDEGsは1,331個、1,000倍以上では488個あり、27遺伝子は5,000倍以上の発現比を示した。全体的な応答として、条件3は対照区と同様の応答を示した一方で、条件1では挙動が大きく異なった。実際、条件1では、対照区と比較して500倍以上の変動を示した遺伝子として、非生物学的刺激に応答する遺伝子群の発現が誘導され、エチレン応答の転写調節因子ERFやブラシノステロイド応答のBZR1、3種類のWRKY転写調節因子などをコードすると予想される遺伝子が抑制されており、発現レベルで大きな変化が起きていることが示唆された。また、条件3では、シャペロンやグルタチオンペルオキシダーゼなどのストレス応答遺伝子群の発現が誘導されており、短期のUV照射(特に暗期)はストレスとなる一方で、長期の継続した照射では何らかのUVに対する防御応答が作動・機能し始めた可能性が示唆された。

最後に、機能性成分としてビタミンC(アスコルビン酸)に着目し、その生合成に関わる遺伝子群のパスウェイ解析および遺伝子発現の変動を調べた。レタスにおいては、青色光の照射によりサルベージ経路などで働く遺伝子の発現抑制がみられた。コマツナにおいては、条件1でL-ascorbate peroxidaseの発現が抑制されていた。さらに、アスコルビン酸の主要な生合成経路であるマンノース/ガラクトース経路で働く5つの酵素

(phosphomannose isomerase (PMI1), GDP-D-Man pyrophosphorylase (VTC1), GDP-Man-3',5'-epimerase (GME), GDP-l-Gal phosphorylase (VTC2), L-Gal 1-phosphate phosphatase (VTC4))のレタス・コマツナにおけるホモログ遺伝子を探査し、その発現を調べた。その結果、コマツナの条件1のみ、VTC2の発現が上昇していた。このことより、コマツナにおいては、夜間の紫外線照射により、アスコルビン酸の生合成経路が活性化されていることが示唆された。

これらのことより、葉菜類の栽培において、

青色光および紫外線の照射など、適切なタイミング・光量・パターンで光環境を制御することにより、機能性成分の代謝系に影響を与えられることが明らかとなった。

(4) ジャスモン酸処理によるアミノ酸の変化

ソバのsproutを明条件下でMeJA処理した結果、トリプトファン含量が通常の約2倍に増加するなど一部のアミノ酸含量がMeJA処理により増加することが明らかとなった。暗条件下ではフェニルアラニンの増加が顕著であり、トリプトファンの増加は認められなかった。このことは、MeJA処理によるアミノ酸代謝の変化が光の影響も受けることを示唆する。一方、MeJA処理により減少するアミノ酸も見られたが、液体肥料を投与することでその減少を抑制できることもわかった。

カイワレダイコンについても、MeJA処理により複数のアミノ酸が通常よりも増加することが明らかとなった。アミノ酸蓄積を誘導するMeJA量の検討した結果、微量のMeJAでもアミノ酸量の増加が確認できたが、処理量に依存してアミノ酸量が増加するわけではなかった。また、いったん増加したアミノ酸が保存中にどう変化するかを調べたところ、MeJA処理区、無処理区ともに保存前より全体的にアミノ酸が増加する傾向が見られたが、MeJA処理した方がアミノ酸量は高い傾向にあった。このことから、MeJA処理によるアミノ酸の増加が保存中もある程度反映され続けることが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 7件)

1. 小川敦史 2017 植物工場における養液組成制御による高付加価値・高機能性野菜の栽培法に関する研究. アグリバイオ 1 (11) 51-54. (査読無)
2. 小川敦史 2017 5. 電解質調整食品の開発とその有用性とは (a) 低カリウム野菜. 臨床透析 34: 81-87. (査読無)
3. 小川敦史 (2017). 養液の組成制御・管理による高付加価値・高機能性野菜の栽培法に関する研究. アグリバイオ 1 (3) 62-67. (査読無)
4. 小川敦史 (2016). 腎臓病患者の生活の質を向上させる水耕栽培で低カリウム野菜栽培方法の開発と普及に向けて. 産学官連携ジャーナル 12 (11) 20 - 22. (査読無)
5. 小川敦史 2015 低カリウム含量野菜の栽培と植物工場での栽培技術. 研究開発リーダー 12: 15-17. (査読無)
6. 小川敦史 2015 機能性野菜の現状と展望. 臨床栄養 127: 740-741. (査読無)
7. 佐藤幸徳, 小川敦史 2016 腎臓病透析患者にやさしい低カリウム野菜の栽培

研究と商品化戦略. 秋田県立大学ウェブ
ジャーナル A (地域貢献部門) 3: 15-24.
https://akita-pu.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=604&file_id=22&file_no=2 (査読無)

[学会発表] (計 29 件)

1. Tetsushi Koide, Takumi Okamoto, Yasunori Sakane, Anh-Tuan Hoang, Toshihiro Kasama, Wojciech-Piptr Bula, Yoshishige Endo, Ryo Miyake, Atsushi Ogawa, Masashi Komine, Chiharu Sone, Yoshihiro Kaneta, Yukio Yaji, Kyoko Toyofuku, Takahiro Kamata, Ken Kimura, Yoko Ishikawa, " An Image Analysis Method for Lettuce Leaf and Root Growth Analysis in Hydroponic Culture, " Proceedings of the International Workshop on Nanodevice Technologies 2018 (IWNT2018), pp.78 79, March 02, 2018.
2. Anh-Tuan Hoang, Yasunori Sakane, Takumi Okamoto, Tetsushi Koide, Atsushi Ogawa, Masashi Komine, Chiharu Sone, Kyoko Toyofuku, Takahiro Kamata, Ken Kimura, Yoko Ishikawa, Yoshihiro Kaneta, Yukio Yaji, Yoshikazu Ishii, Toshihiro Kasama, Wojciech-Piptr Bula, Yoshishige Endo, Ryo Miyake An Image Analysis Method for Lettuce Leaf and Root Growth Analysis in Hydroponic Culture JST Crest シンポジウム「フィールド向け頑健計器と作物循環系流体回路モデルによる形質変化推定技術関す研究」2018年3月16日
3. 小峰正史, 小川敦史, 曽根千晴, 豊福恭子, 鎌田貴浩, 木村 健, 石川陽子, 金田吉弘, 矢治幸夫, 岡本拓巳, 坂根 靖法, A.T. Hoang, 小出哲士, 笠間敏博, W.P. Bula, 遠藤喜重, 三宅 亮 作物形状画像計測・解析技術とレタスの水耕栽培における葉と根の生長分析 JST Crest シンポジウム「フィールド向け頑健計器と作物循環系流体回路モデルによる形質変化推定技術関す研究」2018年3月16日
4. 小川敦史 腎臓病患者のためのカリウム含有量が少ない野菜の栽培方法の開発 ~食べれないものが食べれるってなんかいい!~ MED プレゼン@ 秋の陣 由利本荘秋田県由利本荘市 2017年11月3日
5. 笠間 敏博, Wojciech Piotr Bula, 遠藤喜重, 岡本 拓巳, Hoang Anh Tuan, 曽根千晴, 小峰 正史, 小出 哲士, 小川敦史, 三宅 亮 環境変動に対する植物の頑健性解明のための局所的施肥システムの開発 第8回マイクロ・ナノ工学
6. シンポジウム 広島 2017/11/1
小出哲士, 岡本拓巳, A.-T. Hoang, 笠間敏博, W. P. Bula, 遠藤喜重, 三宅 亮, 小川敦史, 小峰正史, 曽根千晴, 金田吉弘, 矢治幸夫, " レタスの水耕栽培における葉と根のリアルタイム生長分析 ", 第20回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2017), PS3-9, 2017.
7. 小出哲士, 岡本拓巳, A.-T. Hoang, 笠間敏博, W. P. Bula, 遠藤喜重, 三宅 亮, 小川敦史, 小峰正史, 曽根千晴, 金田吉弘, 矢治幸夫, " レタスの水耕栽培における葉と根の生長分析のための画像解析の一手法 ", 第23回画像センシングシンポジウム (SSII2017), IS1-11, SO1-IS1-11, 2017.
8. 森智哉, 宮部治康, 小川敦史 鉄分を75%増加させた低カリウムホウレンソウの栽培技術 生物環境調節工学会 2017年松山大会
9. 谷垣 陽介, 櫻本裕輔, 小川敦史, 井上守正, 杉本 太 根野菜の低カリウム化に関する基礎的研究 根野菜の低カリウム化に関する基礎的研究 (2) 生物環境調節工学会 2017年松山大会
10. 小峰正史, 小川敦史, 曽根千晴, 鎌田貴浩, 豊福恭子, 金田吉弘, 矢治幸夫, 岡本拓巳, A.-T. Hoang, 小出哲士, 笠間敏博, W. P. Bula, 遠藤喜重, 三宅 亮 画像解析によるレタスの水耕栽培における葉と根の生長分析 生物環境調節工学会 2017年松山大会
11. 曽根千晴, 中村進一, 小峰正史, 原光二郎, 野下浩二, 鎌田貴浩, 豊福恭子, 小川敦史 水耕栽培下のレタスにおける光色が葉の光合成活性に及ぼす影響 生物環境調節工学会 2017年松山大会
12. 小川敦史 栽培環境制御による機能性野菜の栽培法の開発に関する研究と実用化までの道筋 文部省情報ひろば 2017年7月25日
13. 小出哲士, 岡本拓巳, A.-T. Hoang, 笠間敏博, W. P. Bula, 遠藤喜重, 三宅 亮, 小川敦史, 小峰正史, 曽根千晴, 金田吉弘, 矢治幸夫 レタスの水耕栽培における葉と根の生長分析のための画像解析の一手法 第23回画像センシングシンポジウム (SSII2017) 神奈川 2017/6/7
14. 小川敦史 「環境制御による高機能性・高付加価値野菜栽培法の確立と植物反応機構の解析 - 基礎研究から実用化研究まで - 」第4回平成29年度部局間研究交流フォーラム」秋田県由利本荘市カダーレ大ホール平成29年6月5日
15. 小川敦史 腎臓病透析患者のための「低カリウム含有量野菜」秋田県病院給食協議会 2017年6月3日
16. 野下浩二, 田母神繁 カイワレダイコンにおけるジャスモン酸メチルによるアミノ酸蓄積 日本農芸化学会 2017年度

大会

17. 小川敦史 腎臓病透析患者のための低カリウム野菜 第2回「低カリウム野菜」シンポジウム in 仙台 東北大学病院星陵オーデトリウム 2017/3/7
18. 小林育恵、花田沙織、田母神繁、阿部誠、野下浩二 ジャスモン酸によるソバスプラウト中のアミノ酸蓄積 日本農芸化学会東北支部第151回大会
19. 小川敦史、伊丹美穂、小出哲士、三宅亮 栽培環境制御による高機能性葉菜の栽培法の画像解析～異なる明暗周期がコマツナの生育に与える影響とその要因の解明～H28年度生体医歯工学共同研究拠点成果報告会東京医科歯科大学 2017/3/24
20. 小川敦史 環境制御による機能性野菜の栽培法 植物工場などの施設栽培で高機能性・高付加価値野菜を作ってみませんか！ 食の技術と素材の開発展 in あきた 2016 秋田大学ほか 2016/10/18-19
21. 小峰正史、高木理恵、花田征吉、鎌田貴浩、曾根千晴、小川敦史 施設栽培への低コスト地中熱ヒートポンプ冷暖房装置導入のための実証試験システムの構築 日本生物環境工学会 2016年金沢大会 金沢工業大学 2016/9/12-9/15
22. 藪内隆俊、榎本裕輔、井上守正、小川敦史 ハツカダイコンの低カリウム化に関する基礎的研究日本生物環境工学会 2016年金沢大会 金沢工業大学 2016/9/12-9/15
23. 小川敦史 低カリウム含有量野菜の研究から栽培方法まで 北秋田市民病院腎友会 平成28年度学習会「低カリウム野菜を知る」 北秋田市民病院 2016/7/24
24. 野下浩二、田母神繁 2016 ジャスモン酸メチルによる植物葉中アミノ酸生成の活性化 日本農芸化学会東北支部第150回大会
25. 小川敦史 2016 腎臓病透析患者のための低カリウム野菜 第1回「低カリウム野菜」シンポジウム in Akita
26. 小川敦史 2016 秋田発信！低カリウム野菜の開発と普及～新規の機能性野菜～北都ビジネスクラブ経営塾「2016年6次産業化戦略セミナー」
27. 小川敦史 2015 腎臓病透析患者のための低カリウム含量野菜の栽培とその応用 第44回宮城県腎不全研究会
28. 小川敦史 2015 腎臓病患者のための低カリウム含量野菜の栽培に関する研究 平成27年度 農業・工業原材料生産と光技術研究会
29. 小川敦史 2015 腎臓病透析患者のための低カリウム含量野菜の栽培とその応用 第12回 植物工場機能性素材協議会

〔図書〕(計2件)

- 1) Ogawa A. 2018 Cultivation methods for leafy vegetables and tomatoes with low potassium content for dialysis patients and the change of those quality. In: Asaduzzaman M, Asao T (eds) Potassium - Improvement of Quality in Fruits and Vegetables Through Hydroponic Nutrient Management. InTechOpen, London, UNITED KINGDOM
- 2) 小川敦史 葉菜及び果菜での低カリウム含有量化. 機能性植物が秘めるビジネスチャンス. 情報機構. 121-128. (2016)

〔産業財産権〕

○出願状況(計2件)

名称: 水耕栽培方法、葉菜類、培養液、培養液濃縮組成物
発明者: 小川敦史 松橋真由 渡部夏澄 川崎萌瑛 豊福恭子
権利者: 公立大学法人 秋田県立大学
種類: 特許
番号: 特願 2015-187614
出願年月日: 2015年09月25日
国内外の別: 国内

名称: 水耕栽培方法、葉菜類、培養液、培養液濃縮組成物
発明者: 小川敦史 工藤育美
権利者: 公立大学法人 秋田県立大学
種類: 特許
番号: 特願 2015-189881
出願年月日: 2015年09月28日
国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1)研究代表者

小川 敦史 (OGAWA, ATSUSHI)
秋田県立大学・生物資源科学部・教授
研究者番号: 30315600

(2)研究分担者

原 光二郎 (HARA, KOJIRO)
秋田県立大学・生物資源科学部・准教授
研究者番号: 10325938

野下 浩二 (NOGE, KOJI)
秋田県立大学・生物資源科学部・助教
研究者番号: 40423008

曾根 千晴 (SONE, CHIHARU)
秋田県立大学・生物資源科学部・助教
研究者番号: 30710305