

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 2 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05598

研究課題名（和文）イネの低窒素環境下におけるヒストンのアセチル化調節による光合成の制御

研究課題名（英文）Regulation of photosynthesis by histone acetylation under low nitrogen conditions in rice

研究代表者

斉藤 和幸 (Saitou, Kazuyuki)

九州大学・農学研究院・准教授

研究者番号：00215534

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）：Rubiscoは光合成における炭酸固定を触媒する酵素で、その遺伝子は窒素レベルの低下に応答して発現量が減少する。本研究では、イネにおいて窒素レベルに応答してRubisco遺伝子の発現を制御している遺伝子を明らかにする目的で行った。

窒素肥料を十分に与えた通常栽培イネでは、Rubisco遺伝子の発現はヒストンアセチル化酵素遺伝子GCN5により制御されていた。窒素レベルを低下させるとGCN5の発現量が減少し、ヒストン脱アセチル化酵素遺伝子OsHDA713の発現量が増加した。そして、低窒素条件になるとRubisco遺伝子の発現はOsHDA713遺伝子により制御されていることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

環境への負荷の低減と生産コストの削減の面から低窒素条件下でも高い生産性を維持することができる低窒素環境適応型イネ品種の育成と導入が求められている。しかし、低窒素条件下におけるイネの栽培では光合成能力の低下によって生産性や品質の低下が引き起こされるため、いかに光合成能力を維持、向上させるかが重要な問題である。本研究では、低窒素条件下では、Rubisco遺伝子の発現がヒストン脱アセチル化酵素遺伝子OsHDA713により制御されていることが示された。つまり、低窒素環境適応型イネ品種を育成するためのターゲット遺伝子がOsHDA713であることが分かった。

研究成果の概要（英文）：Rubisco is an enzyme that catalyzes carbon dioxide fixation in photosynthesis. The expression level of the Rubisco gene decreases in response to a decrease in nitrogen level. The purpose of this study was to clarify genes that regulate the expression of the Rubisco gene in response to nitrogen levels in rice.

The expression of the Rubisco gene was regulated by the histone acetyltransferase gene GCN5 in normally grown rice plants with sufficient nitrogen fertilizer. Lowering the nitrogen level decreased the expression of GCN5 and increased the expression of the histone deacetylase gene OsHDA713. It was shown that the expression of the Rubisco gene is regulated by the OsHDA713 gene under low nitrogen conditions.

研究分野：作物学

キーワード：イネ Rubisco 窒素 ヒストン修飾 ヒストン脱アセチル化酵素 ヒストンアセチルトランスフェラーゼ

1. 研究開始当初の背景

イネは、土壤中から多量の元素を吸収して成長しており、その元素の一つである窒素は、核酸やタンパク質などの合成に不可欠である。多量の窒素肥料を投入することによって十分な収量を確保することが可能である。しかし、過剰な窒素施肥により河川の富栄養化や地下水の汚染、土壌汚染などの環境汚染が引き起こされている。そのため、窒素施肥の投入量を減少させても収量が減少しない低窒素環境適応型のイネ品種の作出が求められている。

窒素はタンパク質の合成に必須の元素であり、植物に吸収された窒素の多くは光合成関連タンパク質の合成に使われる。その中でもリブローズ 1,5-ビスリン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ (Rubisco) は炭酸固定系の鍵酵素であり、葉の可溶性タンパク質の 30~50%を占めている。イネの葉身では窒素含量と Rubisco 含量との間には正の比例関係がみられ(Makino ら 1984)、窒素施肥量を減少させると葉身の Rubisco の mRNA 量が減少するため、Rubisco 含量が低下し、光合成能力が低下する。窒素施肥の投入量を減少させても光合成能力が低下しない低窒素環境適応型のイネ品種を作り出すためには、窒素が Rubisco の mRNA 量を制御するメカニズムを明らかにする必要がある。

遺伝子の発現調節メカニズムの一つとしてエピジェネティックな発現制御機構が知られている。真核生物の DNA はヒストンと呼ばれるタンパク質に結合し、安定したクロマチン構造をとっている。ヒストンタンパク質は H2A、H2B、H3、H4 の 4 種類のヒストンタンパク質が集まって 8 量体を形成し、その周りに約 150 塩基対の DNA が巻き付いてヌクレオソームを構築している。ヌクレオソームはクロマチン構造の最小単位である。クロマチン構造の凝集程度が転写活性の制御要因として機能することが報告されている (Li ら 2007)。また、ヌクレオソームのヒストンタンパク質 N 末端領域は、いくつかのヒストン修飾酵素の標的として、アミノ酸残基の一部にアセチル化、メチル化、リン酸化、ユビキチン化等の化学修飾を受ける (Bhaum ら 2007、Kouzarides 2007、Bartová ら 2008、Yang と Seto 2008)。特に、ヒストン N 末端領域のリジン (K) 残基の修飾は、遺伝子発現の活性化と抑制において重要である (Kurdistani と Grunstein 2003、Pokholok ら 2005)。さらに、これらの化学修飾は、転写関連因子との親和性などクロマチン機能の制御に関わっている (Lee ら 1993、Jenuwein と Allis 2001、Bernstein ら 2007、Kouzarides 2007、Zhang 2008)。

シロイヌナズナにおいては、光照射により光化学系や光受容体関連遺伝子のクロマチン構造の弛緩、ヒストン H3 のメチル化やアセチル化が引き起こされ、それに伴って遺伝子の発現量が増加する (Jang ら 2011、Benhamed ら 2006)。トウモロコシにおいても光合成関連遺伝子の発現の調節因子としてヒストン修飾が関わっていることが報告されている (Offermann ら 2006)。著者らは、イネにおいて、窒素レベルに応答した Rubisco 遺伝子の発現が Rubisco 遺伝子に対するヒストン H3 のアセチル化レベルとメチル化レベル、および、クロマチン構造の変化により制御されていることを明らかにしてきた。そこで、低窒素環境適応型イネを作出するためには、Rubisco 遺伝子に対するヒストン H3 のアセチル化レベルを制御している酵素を明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

イネには 5 コピーの Rubisco 小サブユニット遺伝子 (*OsRBCS1* ~ *OsRBCS5*) が存在し、それぞれの遺伝子の発現は窒素に対して異なる反応性を示す (Miyazaki ら 2013)。本研究では、窒素レベルの増加に対して発現量の減少が大きいヒストン脱アセチル化酵素遺伝子 *OsHDA713* に着目し、遺伝子の発現量を人為的に変化させた形質転換イネを作出し、Rubisco 小サブユニット遺伝子の発現量を検討することにより、*OsHDA713* 遺伝子が Rubisco 小サブユニット遺伝子の発現を制御していることを明らかにする目的で行った。

3. 研究の方法

(1) 形質転換イネの作出

過剰発現体

OsHDA713 遺伝子の全長 cDNA をプラスミド pENTR/D-TOPO (東洋紡製) に組み込んだ。次に、pENTR/D-TOPO に組み込まれた *OsHDA713* の cDNA を Gateway テクノロジー (Merk 製) を用いてバイナリーベクター-pH7WG2 (VIP 製) に組み込んだ。作成したベクターをアグロバクテリウム EHA105 に導入し、イネカルスに感染させた。GCN5 及び *OsHDA713* の cDNA が導入されたイネカルスを選択し、植物体に再分化させた。

OsHDA713 遺伝子の発現量をさらに増加させた形質転換体を作成するため、pH7WG2 のカリフラワーモザイクウイルス 35S プロモーターをバイナリーベクター-pHb7GW-1-WG-UBIL (VIP 製) のユビキチンプロモーターに置き換えたバイナリーベクター-pH7WG2-UBIL を作成した。次に pENTR/D-TOPO に組み込まれた *OsHDA713* の cDNA を Gateway テクノロジー (Merk 製) を用いてバイナリーベクター-pH7WG2-UBIL に組み込んだ。作成したベクターをアグロバクテリウム EHA105 に導入した後、イネカルスに感染させ、植物体に再分化させた。

発現抑制体

OsHDA713 遺伝子の cDNA の一部をプラスミド pENTR/D-TOPO(東洋紡製)に組み込んだ。次に、pENTR/D-TOPO に組み込まれた *OsHDA713* の cDNA の一部を Gateway テクノロジー(Merck 製)を用いてバイナリーベクター-pHb7GW-I-WG-UBIL (VIP 製)に組み込んだ。作成したベクターをアグロバクテリウム EHA105 に導入し、イネカルスに感染させた。*GCN5* 及び *OsHDA713* の cDNA の一部が導入されたイネカルスを選択し、植物体に再分化させた。

(2) 窒素処理

日本晴および *OsHDA713* 発現抑制体を N.1~N.3 葉齢(稈長約 25cm)(野生型では 6.1~6.3 葉齢)まで黒粒培土で生育させた後、室温 25℃、湿度 70%、光強度 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、12 時間日長に設定したグロースキャビネット内で、窒素源を含まない水耕液で 4 日間水耕栽培することにより窒素処理を行った。RNA は最上位完全展開葉より抽出した。

(3) 遺伝子の発現レベル

最上位完全展開葉 0.1g を液体窒素で凍らせ、フリーズクラッシャー- μT -48 (TAITEC 社製)を用いて粉碎した後、Nucleospin[®] RNA Plant (MACHEREY-NAGEL 社製)を用いて RNA を抽出した。抽出した RNA を RevertTra Ace[®] qPCR RT Master Mix with gRNA Remover (TOYOBO 社製)を用いて逆転写した後、リアルタイム PCR 法により遺伝子の発現レベルを比較した。

4. 研究成果

(1) *OsHDA713* 遺伝子及び *OsRBCS3* 遺伝子の発現に対する窒素の影響

OsHDA713 及び *OsRBCS3* の発現に対する窒素の影響を調査するために、野生型の 6.1~6.3 葉齢のイネを窒素源を含まない水耕液、または、0.5mM NH_4NO_3 を含む水耕液で 4 日間栽培し、6.7 葉齢の植物を供試した。そして、リアルタイム PCR により、未熟葉(第 7 葉)及び成熟葉(第 6 葉)における *OsHDA713* の発現量及び *OsRBCS3* の発現量を調査した。未熟葉において、*OsHDA713* では窒素による発現量の有意な差は見られなかったが、*OsRBCS3* では窒素レベルの低下によって発現量が有意に低下した。さらに、成熟葉においては、*OsHDA713* は窒素レベルの低下によって発現量が有意に増加し、*OsRBCS3* の発現量も有意に低下した。

(2) 高窒素条件下での *OsHDA713* 形質転換イネにおける *OsRBCS3* 遺伝子、*OsHDA713* 遺伝子及び *GCN5* 遺伝子の発現量の関係

OsHDA713 が *OsRBCS3* の発現を制御していることを検討するために、黒粒培土で栽培した *OsHDA713* 過剰発現体および発現抑制体における *OsHDA713* の発現量と *OsRBCS3* の発現量との関係をリアルタイム PCR により調査した。*OsHDA713* の発現量と *OsRBCS3* の発現量との間に有意な相関関係は認められなかった。

そこで次に、*OsRBCS3* の発現制御においてヒストン脱アセチル化酵素遺伝子と拮抗的に働き、高窒素条件下で *OsRBCS3* の発現を制御していることが示唆されたヒストンアセチル化酵素遺伝子 *GCN5* の発現量を *OsHDA713* 形質転換体において検討した。黒粒培土で栽培した *OsHDA713* 過剰発現体及び発現抑制体における *GCN5* の発現量と *OsRBCS3* の発現量との関係をリアルタイム PCR により調査した。実験には *OsHDA713* の発現量を変化させた形質転換体を用いたのにもかかわらず、*GCN5* の発現量と *OsRBCS3* の発現量との間に有意な正の相関関係が認められた。このことから、*OsHDA713* は *GCN5* の発現を抑制することにより、*OsRBCS3* の発現を抑制していることが考えられた。そこで、黒粒培土で栽培した *OsHDA713* 過剰発現体及び発現抑制体における *OsHDA713* の発現量と *GCN5* の発現量との関係をリアルタイム PCR により調査した。*OsHDA713* の発現量と *GCN5* の発現量との間に有意な相関関係は認められなかった。

(3) *GCN5* 遺伝子、*OsHDA713* 遺伝子及び *OsRBCS3* 遺伝子の発現に及ぼす窒素の影響

GCN5、*OsHDA713* 及び *OsRBCS3* の発現に対する窒素の影響を調査するために、野生型の 6.1~6.3 葉齢のイネを窒素源を含まない水耕液、または、0.5mM NH_4NO_3 を含む水耕液で 4 日間栽培し、6.7 葉齢の植物を供試した。そして、リアルタイム PCR により、*GCN5* の発現量、*OsHDA713* の発現量及び *OsRBCS3* の発現量を定量した。*GCN5* の発現量及び *OsRBCS3* の発現量は窒素レベルの低下により有意に低下した。一方で、*OsHDA713* の発現量は窒素レベルの低下により有意に増加した。

(4) 低窒素条件下での *OsHDA713* 形質転換イネにおける *OsRBCS3* 遺伝子、*OsHDA713* 遺伝子及び *GCN5* 遺伝子の発現量の関係

窒素レベルの低下により *OsHDA713* の発現量が増加したことから、低窒素条件下では、*OsRBCS3* の発現に及ぼす *OsHDA713* の影響が大きくなることが考えられる。そこで、黒粒培土で栽培後、窒素源を含まない水耕液で 4 日間水耕栽培した *OsHDA713* 発現抑制体における *OsHDA713* の発現量及び *OsRBCS3* の発現量との関係をリアルタイム PCR により調査した。*OsHDA713* の発現量と *OsRBCS3* の発現量との間に有意な正の相関関係が認められた。

次に、黒粒培土で栽培後、窒素源を含まない水耕液で 4 日間水耕栽培した *OsHDA713* 発現抑制体における *GCN5* の発現量と *OsRBCS3* の発現量との関係をリアルタイム PCR により調査した。

GCN5 の発現量と *OsRBCS3* の発現量との間に有意な相関関係は認められなかった。

さらに、黒粒培土で栽培後、窒素源を含まない水耕液で4日間水耕栽培した *OsHDA713* 発現抑制体における *OsHDA713* の発現量と *GCN5* の発現量との関係をリアルタイム PCR により調査した。*OsHDA713* の発現量と *GCN5* の発現量との間に有意な相関関係は認められなかった。

以上の結果より、高窒素条件下では *OsRBCS3* の発現は *GCN5* により制御されているが、低窒素条件になると *OsHDA713* の発現量が増加し、*OsRBCS3* の発現を制御することが示された。

<引用文献>

Bártová, E., Krejčí, J., Harnicarová, A., Galiová, G. and Kozubek, S. (2008) Histone modifications and nuclear architecture. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*. 56: 711-721.

Benhamed, M., Bertrand, C., Servet, C. and Zhou, D. (2006) Arabidopsis GCN5, HD1, and TAF1/HAF2 interact to regulate histone acetylation required for light-responsive gene expression. *The Plant Cell*. 18: 2893-2903.

Bernstein, B.E., Meissner, A. and Lander, E.S. (2007) The mammalian epigenome. *Cell*. 128: 669-681.

Bhaumik, S.R., Smith, E. and Shilatifard, A. (2007) Covalent modifications of histones during development and disease pathogenesis. *Nature Structural & Molecular Biology*. 14: 1008-1016.

Han, Z., Yu, H., Zhao, Z., Hunter, D., Luo, X., Duan, J. and Tian, L. (2016) AtHD2D Gene plays a role in plant growth, development, and response to abiotic stresses in *Arabidopsis thaliana*. *Frontiers in Plant Science*. 7: 310.

Jang, I.-C., Chung, P.J. and Hemmes, H. (2011) rapid and reversible light-mediated chromatin modifications of *Arabidopsis phytochrome a* locus. *The Plant Cell*. 23: 459-470.

Jenuwein, T. and Allis, C.D. (2001) Translating the histone code. *Science*. 293: 1074-1080.

Kurdistani, S.K. and Grunstein, M. (2003) Histone acetylation and deacetylation in yeast. *Molecular and Cellular Biology*. 4: 276-284.

Kouzarides, T. (2007) Chromatin modifications and their function. *Cell*. 128: 693-705.

Lee, D.Y., Hayes, J.J., Pruss, D. and Wolffe, A.P. (1993) A positive role for histone acetylation in transcription factor access to nucleosomal DNA. *Cell*. 72: 73-84.

Li B, Carey M. and Workman J. L. (2007) The role of chromatin during transcription. *Cell*. 128: 707-719.

Makino, A., Mae, T. and Ohira, K. (1984) Relation between nitrogen and ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase in rice leaves from emergence through senescence. *Plant and Cell Physiology*. 25: 429-437.

Miyazaki, N., Ueno, U. and Saitou, K. (2013) Effect of nitrogen on the expression of Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase-oxygenase small multigene family members in rice. *Plant Production Science*. 16:37-40.

Miziorko, H.M. and Lorimer, G.H. (1983) Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase-oxygenase. *Annual Review of Biochemistry*. 52: 507-535.

Offermann, S., Danker, T., Drey Müller, D., Kalamajka, R., Töpsch, S., Weyand, K. and Peterhänsel, C. (2006) Illumination is necessary and sufficient to induce histone

acetylation independent of transcriptional activity at the C₄-specific phospho*eno*lpyruvate carboxylase promoter in Maize. *Plant Physiology*. 141: 1078-1088.

Pokholok, D.K., Harbison, C.T., Levine, S., Cole, M., Hannett, N.M., Lee, T.I., Bell, G.W., Walker, K., Rolfe, P.A., Herbolzheimer, E., Zeitlinger, J., Lewitter, F., Gifford, D.K. and Young, R.A. (2005) Genome-wide map of nucleosome acetylation and methylation in yeast. *Cell*. 122: 517-527.

Yang, X.J. and Seto, E. (2008) Lysine acetylation: Codified crosstalk with other posttranslational modifications. *Molecular Cell*. 31: 449-461.

Zhang, X. (2008) The epigenetic landscape of plants. *Science*. 320: 489-492.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9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 8件）

1. 著者名 Hayato Ide, Chihiro Kariya, Yuan Xiru, Riko Ooasad, and Kazuyuki Saitou	4. 巻 249
2. 論文標題 OsHDA713, a histone deacetylase, negatively regulates the nitrogen responsive expression of OsRBCS3, a Rubisco small subunit gene, in rice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 AFELiSA 2019	6. 最初と最後の頁 127
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 -
1. 著者名 Xiru Yuan, Riko Ooasada, Hayato Ide, Chihiro Kariya, and Kazuyuki Saitou	4. 巻 249
2. 論文標題 Regulation of the expression of a Rubisco small subunit gene, OsRBCS3, by histone acetyltransferase GCN5 in response to nitrogen supply in rice (<i>Oryza sativa</i> L.)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 AFELiSA 2019	6. 最初と最後の頁 128
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 -
1. 著者名 袁 夕茹, 馮 世程, 井手 駿人, 宮本 史也, 東江 栄, 齋藤 和幸	4. 巻 249
2. 論文標題 イネにおける窒素供給に応答したヒストンアセチル化酵素GCN5によるRubisco小サブユニット遺伝子の発現制御	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本作物学会講演会要旨集	6. 最初と最後の頁 167
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14829/jcsproc.249.0_167	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 -
1. 著者名 宮本 史也, 井手 駿人, 馮 世程, 東江 栄, 齋藤 和幸	4. 巻 1
2. 論文標題 イネにおけるヒストン脱アセチル化酵素遺伝子OsHDA713は低窒素条件下でRubisco小サブユニット遺伝子OsRBCS3の発現を制御する	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本作物学会講演会要旨集	6. 最初と最後の頁 168
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14829/jcsproc.249.0_168	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 -

1. 著者名 吉田 侃生, 砂川 春樹, 齋藤 和幸, 東江 栄	4. 巻 1
2. 論文標題 CAM植物におけるCO2濃縮機構による活性酸素の発生制御に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本作物学会講演会要旨集	6. 最初と最後の頁 169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14829/jcsproc.249.0_169	査読の有無 無
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 齋藤和幸、中尾美紀、上野修	4. 巻 1
2. 論文標題 シロイヌナズナにおける窒素応答性転写因子AtERF058によるRubisco小サブユニット遺伝子の発現制御	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本作物学会講演会要旨集	6. 最初と最後の頁 164-164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14829/jcsproc.247.0_164	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 -

1. 著者名 佐藤 稜真, 小西 絢子, Tran Dan Q., Cushman John C., 九州大学大学院 農学研究院研究教育支援センター, 齋藤 和幸, 東江 栄	4. 巻 250
2. 論文標題 RNA-Seqを用いたアイスプラントにおける好塩性に関わる遺伝子の網羅的解析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本作物学会講演会要旨集	6. 最初と最後の頁 56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14829/jcsproc.250.0_56	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 -

1. 著者名 佐藤 稜真, 小西 絢子, Tran Dan, Cushman John C., 齋藤 和幸, 東江 栄	4. 巻 249
2. 論文標題 アイスプラント(Mesembryanthemum crystallinum L.)の好塩性機構におけるミトコンドリアのATP合成	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本作物学会講演会要旨集	6. 最初と最後の頁 186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14829/jcsproc.249.0_186	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 -

1. 著者名 吉田 和貴, 齋藤 和幸, 東江 栄	4. 巻 251
2. 論文標題 塩生植物アイスプラント (<i>Mesembryanthemum crystallinum</i> L.) の光合成における好塩性機構の解明	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本作物学会講演会要旨集	6. 最初と最後の頁 138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14829/jcsproc.251.0_138	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9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Hayato Ide, Chihiro Kariya, Yuan Xiru, Riko Ooasad, and Kazuyuki Saitou
2. 発表標題 OsHDA713, a histone deacetylase, negatively regulates the nitrogen responsive expression of OsRBCS3, a Rubisco small subunit gene, in rice
3. 学会等名 International Symposium on Agricultural, Food, Environmental and Life Sciences in Asia, 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Xiru Yuan, Riko Ooasada, Hayato Ide, Chihiro Kariya, and Kazuyuki Saitou
2. 発表標題 Regulation of the expression of a Rubisco small subunit gene, OsRBCS3, by histone acetyltransferase GCN5 in response to nitrogen supply in rice (<i>Oryza sativa</i> L.)
3. 学会等名 International Symposium on Agricultural, Food, Environmental and Life Sciences in Asia, 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 袁 夕茹, 馮 世程, 井手 駿人, 宮本 史也, 東江 栄, 齋藤 和幸
2. 発表標題 イネにおける窒素供給に応答したヒストンアセチル化酵素GCN5によるRubisco小サブユニット遺伝子の発現制御
3. 学会等名 日本作物学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮本 史也, 井手 駿人, 馮 世程, 東江 栄, 齋藤 和幸
2. 発表標題 イネにおけるヒストン脱アセチル化酵素遺伝子OsHDA713は低窒素条件下でRubisco小サブユニット遺伝子OsRBCS3の発現を制御する
3. 学会等名 日本作物学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田 侃生, 砂川 春樹, 齋藤 和幸, 東江 栄
2. 発表標題 CAM植物におけるCO2濃縮機構による活性酸素の発生制御に関する研究
3. 学会等名 日本作物学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 齋藤和幸、中尾美紀、上野修
2. 発表標題 シロイヌナズナにおける窒素応答性転写因子AtERF058によるRubisco小サブユニット遺伝子の発現制御
3. 学会等名 日本作物学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤 稜真, 小西 絢子, Tran Dan Q., Cushman John C., 九州大学大学院 農学研究院研究教育支援センター, 齋藤 和幸, 東江 栄
2. 発表標題 RNA-Seqを用いたアイスプラントにおける好塩性に関わる遺伝子の網羅的解析
3. 学会等名 日本作物学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 稜真, 小西 絢子, Tran Dan, Cushuman John C., 齋藤 和幸, 東江 栄
2. 発表標題 アイスプラント(Mesembryanthemum crystallinum L.)の好塩性機構におけるミトコンドリアのATP合成
3. 学会等名 日本作物学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田 和貴, 齋藤 和幸, 東江 栄
2. 発表標題 塩生植物アイスプラント(Mesembryanthemum crystallinum L.)の光合成における好塩性機構の解明
3. 学会等名 日本作物学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

植物生産生理学研究室ホームページ http://www.agr.kyushu-u.ac.jp/lab/shokusei/

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
---------	---------