

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580456

研究課題名(和文)高温ストレスによる光化学系障害機構とその光依存獲得性高温耐性機構の解明

研究課題名(英文) Damage mechanism of photosystem and light-dependent acquired thermotolerance of photosystem

研究代表者

山内 靖雄 (Yamauchi, Yasuo)

神戸大学・(連合)農学研究科(研究院)・助教

研究者番号：90283978

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：高等植物の光化学系は高温ストレスに対して感受性を示す。しかし高温ストレス時に光が共存すると光化学系は高温耐性を示す。本研究では暗所高温条件下で光化学系が障害を受けるメカニズムと、光依存獲得性高温耐性機構の解明を目的とした。

暗所高温条件下では、光化学系が存在するチラコイド膜内の過還元状態に起因して活性酸素が生成し、光化学系II中に存在するD1タンパク質が分解されることにより、光合成機能が障害を受けることを明らかにした。また光依存性高温耐性機構は光化学系の状態遷移が関わっていることを明らかにした。遺伝子解析については従来法では難しかったため、今後次世代シーケンス解析を用いた解析が必要である。

研究成果の概要(英文)：PhotosystemII (PSII) in higher plants is highly susceptible to heat stress. Light condition is a critical factor determining damage of PSII under heat condition, i.e. PSII is seriously damaged by heat treatment in the dark but not in the light. In this study, we analyzed heat-derived damage mechanism in the dark, and light-dependent thermotolerance.

Under heat condition in the dark, over-reduction of thylakoid membrane causes damage of PSII through possible production of ROS. On the other hand, light treatment enhances thermotolerance of PSII, and the thermotolerance was supported by promoted cyclic electron flow around PSI.

研究分野：境界農学

科研費の分科・細目：環境農学

キーワード：高温障害

1. 研究開始当初の背景

植物は暗所で 40°C 以上の高温ストレスを受けると光化学系 II 活性が重篤な障害を受ける。しかしあらかじめ、光存在下で 40°C の高温処理を施しておく、引き続き暗所で高温ストレスを与えても光化学系 II の障害が見られなくなる。この現象は、気温が 40°C を超える自然環境が夏場の昼間、つまり光が存在する高温状況でも生存可能であることを説明できる重要な機構であると考えられる。しかしその障害、および耐性機構について、両者とも知見は全く得られていなかった。

2. 研究の目的

暗所高温状態で引き起こされる光化学系 II の障害機構、さらに光に依存して獲得する高温耐性(この機構を光依存獲得性高温耐性機構と名付けた)の解明を目的として、本研究計画を立案した。

3. 研究の方法

1) 暗所で引き起こされる高温障害機構の解明

最も重篤な高温障害を受けるコムギを実験材料に暗所高温条件下で引き起こされる障害を、生理学的、生化学的に解析した。さらにモデル植物であるアラビドプシスをを用い、サイクリック光合成電子伝達系がこの障害に関わっていることを解析した。

2) 光依存獲得性高温障害機構の解明

まずこの機構を欠損しているアラビドプシス突然変異体の単離を行った。そしてその変異体の光依存獲得性高温耐性機構の詳細な解析、および原因となっている遺伝子の単離を目指した。

3. 研究成果

1) 暗所高温障害は、光化学系が存在するチラコイド膜内が高熱条件下で過還元状態になることに起因することが分かった。またその際活性酸素が生成し、光化学系 II の重要な構成タンパク質である D1 タンパク質の分解を引き起こしていることが分かった。この過還元にはサイクリック光合成電子伝達系が深く関わっていることも分かった。

2) 化学変異を起こした突然変異体のスクリーニングを行い、5000 系統のアラビドプシスから一系統を選抜することができた。この系統は、光化学反応の詳細な解析により、高温光照射 15 分で起動される PSII の保護機能であることが明らかとなった。遺伝子の単離を従来法である交配実験により明らかにしようと試みたが、キメラ個体は生存率が悪く実験に適した個体数を得ることができ

なかったため、次世代ジークネス解析による変異部位の特定が必要であることが分かった。

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 10 件)

1. Inoue, T., Yamauchi, Y., Amani Aamed Eltyeb, Samejima, H., Abdel Gabar Eltaybe Babiker, Sugimoto, Y.: Photosynthetic capacity and stomatal response of root hemi-parasite *Striga hermonthica* and sorghum under short-term soil water stress, *Biologia Plantarum*, 57 (4), 773-777, 2013.

2. Marutani, Y., *Yamauchi, Y., Mizutani, M., Sugimoto, Y. Damage to photosystem II due to heat stress without light-driven electron flow: involvement of enhanced introduction of reducing power into thylakoid membranes. *Planta*, 236: 753-761 (2012)

3. *Yamauchi, Y., Hasegawa, A., Mizutani, M., Sugimoto, Y. Chloroplasmic NADPH-dependent alkenal/one oxidoreductase contributes to the detoxification of reactive carbonyls produced under oxidative stress. *FEBS Letters*, 586: 1208-1213 (2012)

4. Nakai, A., *Yamauchi, Y., Sumi, S., Tanaka, K. Role of acylamino acid-releasing enzyme/oxidized protein hydrolase in sustaining homeostasis of the cytoplasmic antioxidative system. *Planta*, 236: 427-436(2012)

5. Yong, L., Kimura, Y., Ohno, T., *Yamauchi, Y. Function of extrinsic proteins on stabilization of photosynthetic oxygen-evolving complex. *Molecular Photochemistry*, 6, 109-124 (2012)

6. *Yamauchi, Y., Hasegawa, A.,

Taninaka, A., Mizutani, M., Sugimoto, Y. NADPH-dependent reductases involved in the detoxification of reactive carbonyls in plants. *Journal of Biological Chemistry*, 286, 6999-7009 (2011)

7. *Yamauchi, Y., Kimura, Y. Photosystem at high temperature: Mechanisms of adaptation and damage. In *Photochemistry: UV/VIS Spectroscopy, Photochemical Reactions and Photosynthesis* (Eds Maes, K.J. and Wilems, J.M.), NOVA Publishers (2011)

8. *Yamauchi, Y., Marutani, Y., Akimoto, S., Kimura, Y., Mizutani, M., Sugimoto, Y. Plants switch photosystem at high temperature to protect photosystem II. *Nature Proceedings* (2011)

9. *Yamauchi, Y., Sugimoto, Y. Effect of protein modification by malondialdehyde on the interaction between oxygen-evolving complex 33 kDa protein and photosystem II core proteins. *Planta*, 231, 1077-1088 (2010)

10. Hori, R., Sugimoto, G., Matsui, M., Yamauchi, Y., Takikawa, H., *Sugimoto, Y. Conversion of dechlorodauricumine into miharumine by a cell-free preparation from cultured roots of *Menispermum dauricum*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 73, 440-442 (2009)

〔学会発表〕(計9件)

山内靖雄 (2013) 環境ストレス応答シグナル分子として機能する活性カルボニル～反応性短鎖揮発性化合物～、日本植物生理学会
丸谷曜子、山内靖雄、秋本誠志、井上加奈子、池田健一、水谷正治、杉本幸裕(2013) 高温ストレスを受けたコムギにおけるチラコイド膜の構造変化を伴う光化学系の再編成：熱放散とステート遷移の誘導、日本植物生理学会

國嶋幹子、山内靖雄、水谷正治、杉本幸裕 (2013) シロイヌナズナ由来葉緑体局在 Lon プロテアーゼの異種発現と酵素学的解析、日本

農芸化学会関西・中四国・西日本合同大会

Y. Marutani, Y. Yamauchi, Y. Kimura, M. Mizutani, Y. Sugimoto (2012): D1 protein is degraded in heat-stressed plants in the dark, presumably due to electron inflow of the stromal reducing power into the plastoquinone. 10th International Congress on Plant Molecular Biology, Jeju, Korea

宅間悠紀、巳浪真輝、中嶋瞳、山内靖雄、水谷正治、滝川浩郷、杉本幸裕 (2012): コウモリカズラにおける含塩素イソキノリンアルカロイド 生合成中間体の同定、日本植物細胞分子学会

丸谷曜子、山内靖雄、秋本誠志、水谷正治、杉本幸裕 (2012): 高温ストレスを受けた植物がステート遷移によりPSIIを保護するメカニズムの解析、日本植物生理学会

丸谷曜子、山内靖雄、秋本誠志、水谷正治、杉本幸裕 (2011): 高温ストレスを受けたコムギにおいてステート遷移により移動するLHC タンパク質の解析、日本農芸化学会関西支部例会

丸谷曜子、山内靖雄、秋本誠志、木村行宏、水谷正治、杉本幸裕 (2011): 植物が光化学系の高熱障害を回避するメカニズムの解析、日本農芸化学会西支部中部支部合同大会

長谷川綾香、山内靖雄、水谷正治、杉本幸裕 (2011): キュウリ葉の α,β -不飽和カルボニル化合物還元酵素遺伝子の解析、日本農芸化学会大会

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 1件)

名称:「植物の高温耐性誘導剤および高温耐性誘導方法」

発明者: 山内靖雄

権利者: 山内靖雄

種類: 特許

番号: 特願 2010-20852

出願年月: 平成 22 年 2 月 2 日

国内外の別: 国内

