

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：37112

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2013～2014

課題番号：25886011

研究課題名(和文) プラズマによる農作物の生育制御および品質向上技術の確立

研究課題名(英文) Establishment of the technique of improve quality and growth control of the crops using discharge plasmas

研究代表者

北崎 訓 (KITAZAKI, Satoshi)

福岡工業大学・工学部・助教

研究者番号：70713147

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、プラズマによる農作物の生育制御および品質向上の確立を目的として、本研究期間内に以下の研究成果を得た。

収穫後の作物に適切な条件でプラズマ照射を行うことで、作物の抗酸化活性を制御できることを明らかにした。また、オゾン処理のみと比較した場合、プラズマ照射の方がより抗酸化活性を上昇させ、効果は3日程度持続することを明らかにした。さらに大気圧プラズマにより生成した活性種量を簡易に見積もる手法を開発した。

研究成果の概要(英文)：Following results were obtained using plasma techniques in order to control growth and improve quality of the crops.

1, Appropriate plasma irradiation could control the antioxidative activity of crops. 2, Plasma irradiation enhances more antioxidative activity of the crops compared with ozone irradiation. 3, Measurement method of active oxygen species in atmospheric pressure plasmas developed using easy indicator method.

研究分野：プラズマバイオ工学

キーワード：プラズマ 大気圧放電 活性酸素種 プラズマ農業 抗酸化活性

1. 研究開始当初の背景

人類の最重要課題の一つに人口増加による食料不足がある。農林水産省によると、現在、約 8 億人が飢餓・栄養不足と言われている。世界の総人口は 18 世紀から起こった産業革命後急速に増加し、2000 年においては約 60 億人となっており、今後 2050 年には約 90 億人に達すると予測されているが、穀物生産量は現在の 1.4 倍程度しか増加しないと予測されている。

近年申請者は、植物種子に酸素プラズマ照射を行うことで、2 倍程度の成長促進効果が得られること、酸素プラズマ中の活性酸素が酸化ストレスとして、種子に作用することが成長促進効果の 1 つの要因であることを明らかにしている。また、プラズマは医療器具の滅菌や殺菌、創傷の治療にも用いられており、処理深さは数百ミクロン程度であり素材へのダメージも少なく、さらに残留性がないことから、申請者はプラズマを種子や収穫後の農作物の表面に照射することで、発芽時期の統一や表面殺菌による保存期間の長期化が可能であり、さらに収穫量や味等を制御できる、プラズマによる農作物の生育制御技術および品質向上技術が確立できると着想した。

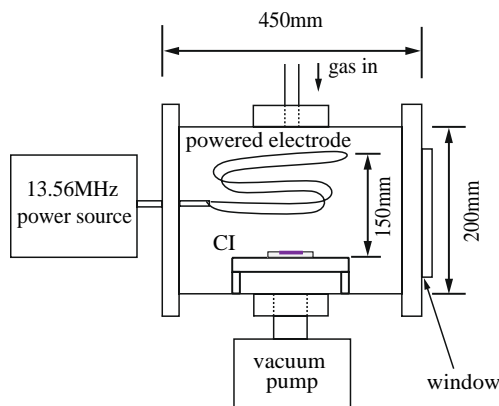


図 1. 低圧プラズマ装置概略図

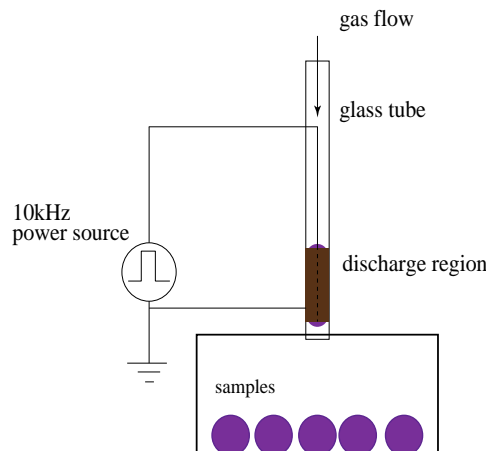


図 2. 大気圧プラズマ照射装置概略図

2. 研究の目的

本研究は、プラズマによる人体に安全な農作物の生育制御および品質向上技術を確認することを目的とし、以下の研究を行った。

- (1) 種子へプラズマ照射を行い、発芽時期、生育速度および収穫量の調査を行う。
- (2) 収穫された農作物にプラズマ照射を行い、表面殺菌特性及び味覚の変化を調査する。
- (3) プラズマ照射による農作物品質向上メカニズムを生化学的見地から明らかにする。

3. 研究の方法

研究に使用した低圧プラズマ装置を図 1 に示す。直径 200mm、長さ 450mm である真空容器内をロータリーポンプを用いて数 Pa まで排気し、原料ガスとして純酸素、空気、純窒素を導入する。容量性結合型タイプのアンテナに周波数 13.56MHz である RF 電源より給電し、容器内にプラズマを生成した。

収穫後の作物へのプラズマ照射は、図 2 に示す大気圧プラズマトーチを用いた。長さ 10mm、内径 4mm であるガラス管の内部に高電圧印加用のステンレスメッシュを挿入し、外部に銅電極を設置し誘電体バリア放電を生成する。生成した活性種はガス流によって押し出される構造となっている。

4. 研究成果

4.1 大気圧プラズマにおける活性種評価法の開発

大気圧プラズマ中に生じる活性種の評価を行うために、活性種によって色が変わるインジケータを用いて、色の変化と活性種量の相関を調査した。真空容器内にエキシマランプを用いて空気からオゾンのみを生成させオゾン濃度を検知管を用いて計測し、CT 値を導出した。また、活性酸素種に反応するインジケータをオゾンと反応させ、色相の変化を分光器を用いて計測した。結果を図 3、図 4 に示す。オゾン換算ではあるが大気圧プラズマによって生成した活性種量を見積もることが可能となった。

4.2 収穫後作物へのプラズマ照射の影響調査

収穫後作物へのプラズマ照射の影響を調査するために、ブドウ及びカイワレ大根へプラズマ照射を行い抗酸化活性を調査した。プラズマによって生成した活性種と比較するため、エキシマランプを用いて生成したオゾン照射も行った。図 5 に実験結果を示す。30 分の照射後未照射と比較した場合抗酸化活性は約 20% 程度上昇することがわかった。またオゾンのみより、プラズマ照射を用いた方法がより上昇した。図 6 に抗酸化活性の経時変化を示す。抗酸化活性は 2 日程度で未照射と同じ値に減少した。また、プラズマ照射よりオゾン処理の方が減少率が低い結果となった。また、栽培後のカイワレ大根にプラズマ照射を行った場合、照射時間 10 分程度が抗

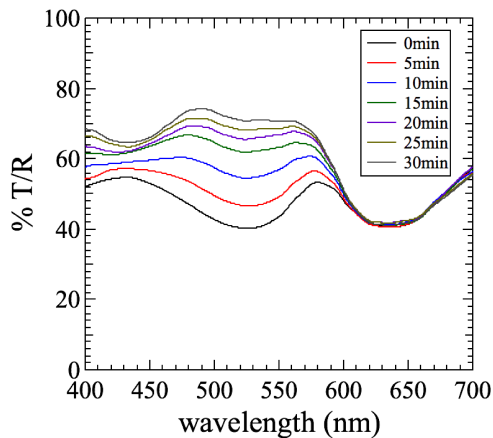


図3 . インジケータの反射率 (オゾン処理時間依存性)

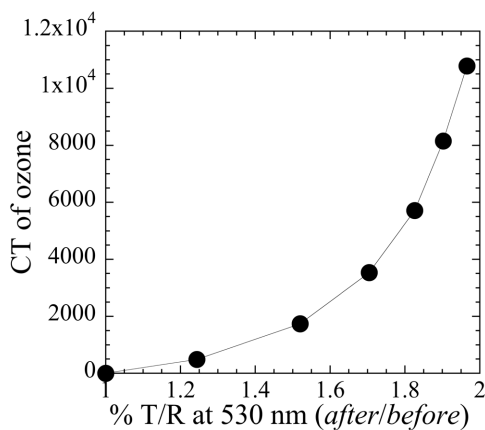


図4 . インジケータ反射率とオゾン CT 値との相関

酸化活性の上昇率が一番高い結果となった。以上より、プラズマ照射は収穫後の作物の品質を向上させることができることを明らかにした。

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. S. Kitazaki, T. Sarinont, K. Koga, N. Hayashi, M. Shiratani, Plasma induced long-term growth enhancement of Raphanus sativus L. using combinatorial atmospheric air dielectric barrier discharge plasmas, Current Applied Physics, 査読有, 14 巻, 2014, S149, DOI: 10.1016/j.cap.2013.11.056
2. T. Sarinont, T. Amano, S. Kitazaki, K. Koga, G. Uchida, M. Shiratani, N. Hayashi, Growth enhancement effects of radish sprouts: atmospheric pressure plasma irradiation vs. heat shock, J. Phys. : Conf. Series (SPSM26), 査読有, 518 巻, 2014,

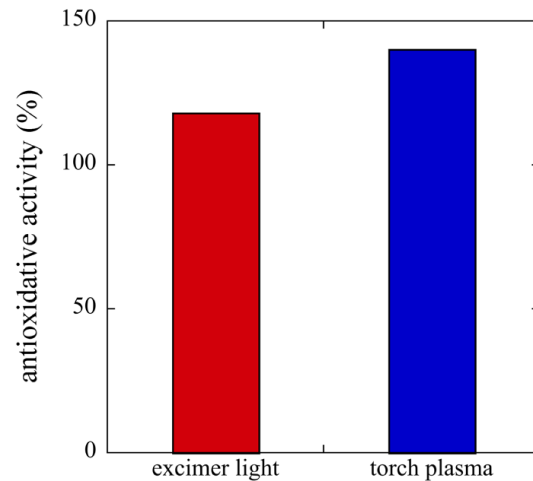


図5 . 照射直後のブドウの抗酸化活性

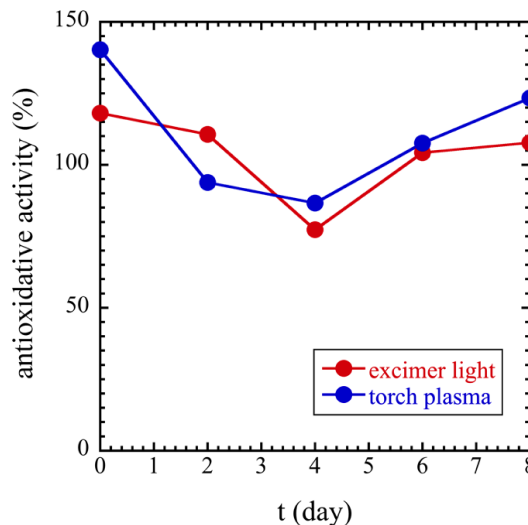


図6 . 抗酸化活性の経時変化

012017,

DOI: 10.1088/1742-6596/518/1/012017

3. T. Sarinont, T. Amano, S. Kitazaki, K. Koga, G. Uchida, M. Shiratani, N. Hayashi, Effects of Atmospheric Air Plasma Irradiation on pH of Water, JPS Conf. Proc., 査読有, 1 巻, 2014, 015078, DOI: 10.7566/JPSCP.1.015078
4. 北崎訓, 林信哉, 収穫後農作物への大気圧プラズマ照射の影響, プラズマ応用科学, 査読有, 21 巻, 2013, 56
5. 北崎訓, 林信哉, プラズマ照射による植物の成長促進, 電子情報通信学会信学技報, 査読無, 113 巻, 2013, 71 <http://ci.nii.ac.jp/naid/110009768560>
6. 内田詳平, 小野大帝, 田中昭匡, 板良敷朝将, 北崎訓, 林信哉, 植物の種子へのプラズマ照射及び UV 光照射による成長促進, 電気学会研究会資料, 査読無, 2013, 73 <http://ci.nii.ac.jp/naid/10031200880>
7. 小野大帝, 内田詳平, 田中昭匡, 板良敷

朝将,北崎訓,林信哉,低圧プラズマ照射による植物細胞の抗酸化特性の評価,電気学会研究会資料,査読無,2013,81
<http://ci.nii.ac.jp/naid/10031200882>

〔学会発表〕(計24件)

1. 古閑一憲, Thapanut Sarinont, 北崎訓, 林信哉, 白谷正治, プラズマ照射によるシロイヌナズナの植物成長促進の世代間伝搬, 第30回九州・山口プラズマ研究会, 2014年11月26日, ラグナガーデンホテル(沖縄県・宜野湾市)
2. 小野大帝, 内田詳平, 北崎訓, 林信哉, 白谷正治, 酸素プラズマ中の活性種による植物細胞内の抗酸化活性の変化, 第61回応用物理学会春期学術講演会, 2014年3月18日, 青山学院大学(神奈川県・相模原市)
3. T. Amano, T. Sarinont, S. Kitazaki, N. Hayashi, K. Koga, M. Shiratani, Preservation of Growth Enhancement of Plants after Atmospheric Pressure DBD Plasma Irradiation, 5th International Conference on Plasma Medicine (ICPM5), 2014年5月19日, 奈良県新公会堂(奈良県・奈良市)
4. M. Shiratani, T. Sarinont, T. Amano, K. Koga, S. Kitazaki, N. Hayashi, Enhancement of food energy efficiency using plasmas, 5th International Conference on Plasma Medicine (ICPM5), 2014年5月19日, 奈良県新公会堂(奈良県・奈良市)
5. T. Amano, T. Sarinont, S. Kitazaki, N. Hayashi, K. Koga, M. Shiratani, Long Term Growth Curve of Raphanus sativus L. after Atmospheric Pressure DBD Plasma Irradiation, 18th Korea - Japan Workshop on Advanced Plasma Processes and Diagnostics, 2014年2月8日, 九大西新プラザ(福岡県・福岡市)
6. K. Koga, T. Sarinont, S. Kitazaki, N. Hayashi, M. Shiratani, Multi-generation evaluation of plasma growth enhancement to arabidopsis thaliana, 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), 2014年2月6日, 福岡国際会議場(福岡県・福岡市)
7. T. Sarinont, K. Koga, S. Kitazaki, M. Shiratani, N. Hayashi, Effects of growth enhancement by plasma irradiation to seeds in water, 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), 2014年2月5日, 福岡国際会議場(福岡県・福岡市)
8. T. Amano, T. Sarinont, S. Kitazaki, N. Hayashi, K. Koga, M. Shiratani, Long term growth of radish sprouts after atmospheric pressure DBD plasma irradiation to seeds, 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), 2014年2月5日, 福岡国際会議場(福岡県・福岡市)
9. S. Kitazaki, N. Hayashi, Evaluation of dose of active oxygen species generated by discharge using chemical indicator method, 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), 2014年2月5日, 福岡国際会議場(福岡県・福岡市)
10. R. Ono, S. Uchida, A. Tanaka, T. Itarashiki, S. Kitazaki, N. Hayashi, Effect of Antioxidative Activity of Plants by Low Pressure Oxygen Plasma Irradiation, 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), 2014年2月5日, 福岡国際会議場(福岡県・福岡市)
11. S. Uchida, R. Ono, A. Tanaka, T. Itarashiki, S. Kitazaki, N. Hayashi, Growth Enhancement of Plant by Plasma and UV Irradiation to Seeds, 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), 2014年2月5日, 福岡国際会議場(福岡県・福岡市)
12. R. Ono, S. Uchida, A. Tanaka, T. Itarashiki, S. Kitazaki, N. Hayashi, M. Shiratani, Control of Antioxidative Activity of Plants Induced by Oxygen Plasma, 23rd Annual Meeting of MRS-JAPAN 2013, 2013年12月10日, 横浜開港記念館(神奈川県・横浜市)
13. T. Sarinont, K. Koga, S. Kitazaki, M. Shiratani, N. Hayashi, Effects of Water on Interaction between Plant Growth and Plasma, 23rd Annual Meeting of MRS-JAPAN 2013, 2013年12月10日, 横浜開港記念館(神奈川県・横浜市)
14. S. Kitazaki, N. Hayashi, Measurement of Antioxidant Activity of Atmospheric Pressure Discharge Plasma Irradiation Crops using DPPH Method, 23rd Annual Meeting of MRS-JAPAN 2013, 2013年12月10日, 横浜開港記念館(神奈川県・横浜市)
15. T. Sarinont, S. Kitazaki, K. Koga, G. Uchida, M. Shiratani, N. Hayashi, Time evolution of growth enhancement effects of radish sprouts due to atmospheric pressure plasma irradiation, The 26th Symposium on Plasma Science for Materials (SPSM-26), 2013年9月23日, 九州大学百年記念講堂(福岡県・福岡市)
16. N. Hayashi, S. Kitazaki, K. Koga, M.

- Shiratani, Y. Yagyu, A. Yonesu, Antioxidative Activity of Plant and Regulation of Plant Growth Induced by Oxygen Radicals, 2013 JSAP-MRS Joint Symposia, 2013年9月16日, 同志社大学(京都府・京田辺市)
17. N. Hayashi, S. Kitazaki, M. Shiratani, Y. Yagyu, A. Yonesu, Sterilization of Agricultural Products Using Oxygen Radicals Produced by Barrier Discharge, 2013 JSAP-MRS Joint Symposia, 2013年9月17日, 同志社大学(京都府・京田辺市)
 18. S. Kitazaki, N. Hayashi, M. Shiratani, Measurement of active oxygen species generated by oxygen RF discharge using chemical indicator method, 2013 JSAP-MRS Joint Symposia, 2013年9月17日, 同志社大学(京都府・京田辺市)
 19. T. Sarinont, S. Kitazaki, K. Koga, G. Uchida, M. Shiratani and N. Hayashi, Effects of Atmospheric Air Plasma Irradiation on pH of Deionized Water, 2013 JSAP-MRS Joint Symposia, 2013年9月17日, 同志社大学(京都府・京田辺市)
 20. M. Shiratani, S. Kitazaki, T. Sarinont, K. Koga, G. Uchida, N. Hayashi, Combinatorial Method of Plasma Irradiation to Seeds of Raphanus sativus L., 2013 JSAP-MRS Joint Symposia, 2013年9月17日, 同志社大学(京都府・京田辺市)
 21. 内田詳平, 小野大帝, 田中昭匡, 板良敷朝将, 北崎訓, 林信哉, 植物の種子へのプラズマ照射及び UV 光照射による成長促進, 電気学会研究会プラズマ研究会, 2013年9月6日, 長崎大学(長崎県・長崎市)
 22. 小野大帝, 内田詳平, 田中昭匡, 板良敷朝将, 北崎訓, 林信哉, 低圧プラズマ照射による植物細胞の抗酸化特性の評価, 電気学会研究会プラズマ研究会, 2013年9月6日, 長崎大学(長崎県・長崎市)
 23. T. Sarinont, S. Kitazaki, K. Koga, G. Uchida, M. Shiratani, T. Murakami, N. Hayashi, Correlation between Species Generated by Atmospheric Pressure Air Plasmas and Growth Enhancement of Oryza Sativa, The 12th Asia Pacific Physics Conference (APPC12), 2013年7月17日, 幕張メッセ(千葉県・千葉市)
 24. 北崎訓, 林信哉, プラズマ照射による植物の成長促進, 2013年4月26日, 屋久島環境文化村センター(鹿児島県・屋久島町)

6. 研究組織

(1)研究代表者

北崎 訓 (KITAZAKI, Satoshi)

福岡工業大学・工学部・助教

研究者番号: 70713147