

福岡工業大学 機関リポジトリ

FITREPO

Title	低圧酸素プラズマ照射による種子の成長促進効果の保持期間調査
Author(s)	北崎 訓,福地 健斗,大賀 昇
Citation	福岡工業大学総合研究機構研究所所報 第2巻 P23-P26
Issue Date	2020-2
URI	http://hdl.handle.net/11478/1505
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher

Fukuoka Institute of Technology

低圧酸素プラズマ照射による種子の成長促進効果の保持期間調査

北崎 訓 (工学部電気工学科)

福地 健斗 (工学部電気工学科)

大賀 昇 (大学院工学研究科電気工学専攻)

Measurement of Retention Period of Growth Promotion Effects of Seeds Using Low Pressure Oxygen Plasma Irradiation

Satoshi KITAZAKI (Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering)

Kento FUKUCHI (Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering)

Noboru OOGA (Electrical Engineering, Graduate School of Engineering)

Abstract

We have studied the retention period of growth promotion effects of seeds of radish sprouts (*Raphanus sativus L.*) after low pressure oxygen plasma irradiation. The growth promotion effects using plasma irradiation changes by changing the beginning time of cultivation. The reaction time of seeds with reactive oxygen species generated by oxygen plasma is a key factor of controlling growth promotion of plants.

Keywords : Oxygen plasma, Reactive oxygen species, Growth promotion

1. はじめに

2006年にかん細胞に大気圧低温プラズマ照射を行うことで、アポトーシス(プログラムされた細胞死)が誘導されることが報告され、2010年以降、胆がんマウスにおいてプラズマ照射による腫瘍の縮小が報告されるなど、プラズマ医療に関する研究は国内外問わず盛んに進められている。

さらに農業分野においても、プラズマ照射により植物の成長が促進される、収量が増加する、または収穫後の作物の腐敗の抑制や抗酸化活性の上昇などのいわゆる品質向上に関する成果が報告されている。

これまでに我々は、大気圧誘電体バリア放電および低圧酸素プラズマを植物の種子や乾燥酵母に照射し、プラズマ照射による成長促進効果は、プラズマ中の光や電子ではなく、放電により生じた活性種に起因していることを明らかにしている [1-7]。

現在、通常とは違う季節に作物を栽培、収穫し、いわゆる付加価値をつけ出荷する自治体が増えている。その中でも、早期発芽や成長促進、また収穫した作物を腐らせることなく、より遠くの国まで輸送するなどのニーズが非常に高まっている。

我々も大学地域連携推進活動の一環として、福岡県古賀市農林振興課および農家の協力の下、ストコーン種子や

シクラメン種子を用いたプラズマ照射による成長促進効果の実証実験を行っている。しかしながら、プラズマ照射を行った種子が、どの程度種子の状態で栽培開始後の成長促進効果を保持するかは未だ解明されていない。通常、日本には四季があり、種子は蒔き時が決まっているが、プラズマ照射により通常とは違う時期に植物の栽培、収穫が可能となれば、より作物に付加価値をつけることが可能となり、日本の農業分野に大いに貢献できる。

本研究では、低圧酸素プラズマを用い、かいわれ大根種子にプラズマ照射を行い、種子の状態でどの程度栽培開始後の成長促進効果を保持するか調査した結果を報告する。

2. 実験装置および実験方法

〈2・1〉 実験装置

図1に実験装置図を示す。容積20Lの真空容器内を減圧後、原料ガス酸素を導入し、圧力を40Paとした。高周波電源(13.56MHz)を用いてアンテナに電力を給電し、容量結合型酸素プラズマを生成した。図2に典型的な酸素プラズマの発光分光スペクトル圧力依存性を示す。このように容器内圧力または放電電力を変化させることにより、寿命は長い酸化力が低い励起酸素分子(発光波長762nm)、もしくは寿命は短い酸化力が高い励起酸素原子(発光波長777, 845nm)等の活性酸素を選択的に生成可能である。

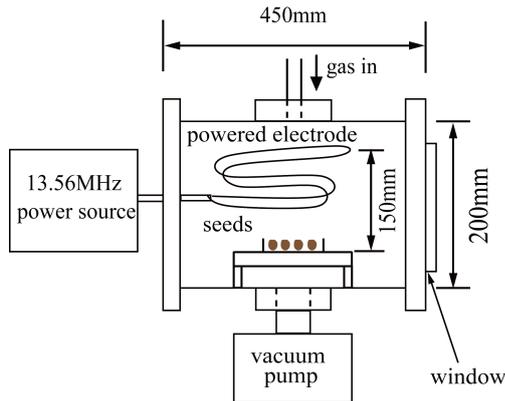


図 1 実験装置概略図

fig. 1. Schematic of a plasma irradiation experimental setup.

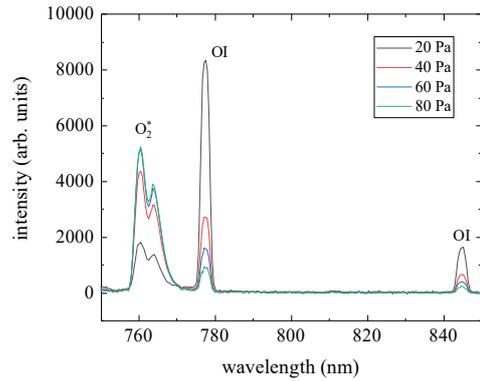


図 2 酸素プラズマの発光分光スペクトル

fig. 2. Light emission spectra of oxygen plasma.

〈2・2〉 種子への低圧酸素プラズマ照射

かいわれ大根の種子 1g をシャーレに入れ、アンテナ直下 150 mm の位置に設置し、放電電力を 40 W、処理時間 30 分とし酸素プラズマ照射を行った。種子状態でのプラズマ照射による成長促進効果の保持期間を明らかにするために、照射後の種子は、照射直後 (30 分以内) に栽培を開始、または、周囲の湿気を抑えるために減圧状態で保管後、照射 1 日後に栽培を開始、照射 2 日後に栽培を開始と、それぞれ栽培開始時期を変化させ栽培を行った。栽培は暗室にて温度 27 °C とし、専用の栽培容器で純水を用いた水耕栽培を行った。

各条件栽培開始 3 日後に 35 本抽出し、カメラを用いて撮影後、画像解析 (ImageJ) により根から茎までの長さを測定した。また、抽出した 35 本をまとめ重量を計測し、さらに計測後、乾燥機を用い温度 80 °C の条件で 24 時間乾燥させ、乾燥重量を求めた。

また、再現性を確認するため各条件 20 回ずつ実験を行った。それぞれの値は平均および標準偏差を求め、栽培開始期間の変化とその後の成長促進効果の影響を調べた。

次に、放電電力と成長促進効果保持期間の関係を調べるために、容器内圧力 40 Pa と固定し、放電電力を 30 W、40 W、50 W を変化させ、処理時間 30 分で照射実験を行った。同様に、照射直後に栽培を開始、もしくは減圧状態で保管後、照射 24 時間後に栽培を開始、照射 48 時間後に栽培を開始と、それぞれ栽培開始時期を変化させ、暗室にて温度 27 °C とし、純水を用い専用の栽培容器で水耕栽培を行った。こちらは各条件 3 回実験を行い、長さのみ計測した。

3. 実験結果ならびに考察

図 3、図 4、図 5 に、酸素プラズマ照射後からの栽培開始時間を変化させたときにおける、かいわれ大根の長さ、生重量、乾燥重量の平均値をそれぞれ示す。なお各条件において、長さは 700 本の平均であり、生重量、乾燥重量は 35 本

をまとめて測定した値の平均である。エラーバーは標準偏差である。また、control は未照射を意味している。長さは照射直後から栽培を開始する場合より、1 日保管後に栽培を開始した場合、成長促進効果がより高く (平均 1.12 倍) 再現性も高かった。また 2 日保管後に栽培した場合でも成長促進効果があり (平均 1.07 倍)、照射した種子は 2 日間成長促進効果を種子状態で保持することが分かる。生重量も長さと同様、照射後 1 日保管後に栽培を開始した場合が 1 番重い結果となっている。乾燥重量は、ばらつきが大きかったが、同じく照射後 1 日保管後が、他の条件より重い傾向を示している。このように、プラズマ照射直後に栽培を開始するより、照射後 1 日保管の方が栽培開始以降の成長促進効果が大きくなる。プラズマ照射後、栽培のため種子が吸水を行うまで期間に種子内部でプラズマ照射により生じている生化学的な反応時間が、後の成長促進効果を得るために重要であることが示唆される。

図 6 に放電電力を変化させ、酸素プラズマ照射後からの栽培開始時間を変化させたときのかいわれ大根平均規格化長さを示す。まず、40 W、50 W で照射を行った場合、成長

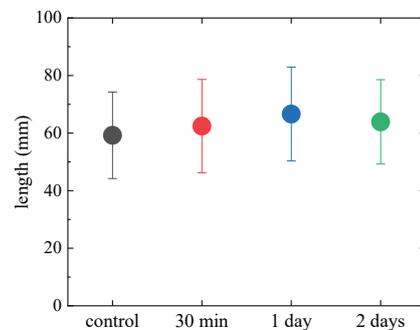


図 3 プラズマ照射後のかいわれ大根平均長
fig. 3. Average length of sprouts after plasma irradiation.

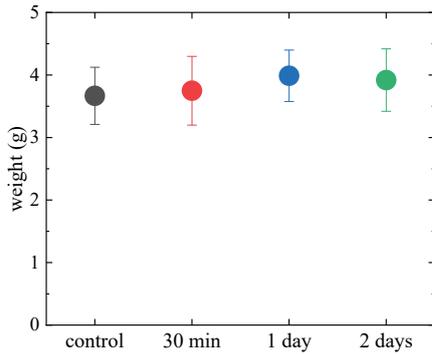


図4 プラズマ照射後のかいわれ大根平均重量 fig. 4. Average weight of sprouts after plasma irradiation.

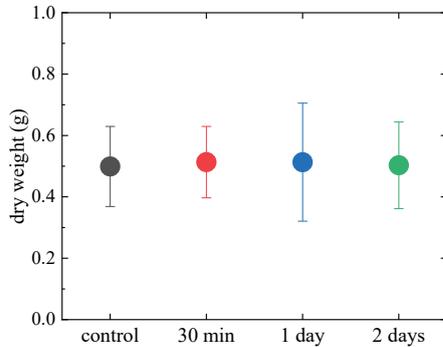


図5 プラズマ照射後のかいわれ大根平均乾燥重量 fig. 5. Average dry weight of sprouts after plasma irradiation.

促進効果は2日間程度保持されていることが分かる。30 Wで照射した場合、ばらつきが大きいですが、照射直後から栽培を開始したときよりも、2日間保管後に栽培を開始したときが、成長促進効果が高くなった。一方、50 Wで照射した場合は、照射直後から栽培を開始したときが、成長促進効果が高く、また保管期間の増加に伴い成長促進効果が低下する傾向となった。40 Wで照射した場合は、30 W、50 Wそれぞれの条件での結果の中間の結果を示し、1日保管した後に栽培を開始したときが、一番成長促進結果が高くなった。照射条件を変えることで、成長促進効果が最大となる栽培開始時刻を制御できると考えられる。

植物種子は発芽まで休眠状態であり、発芽と休眠の関係は植物ホルモンであるジベレリンとアブシシン酸の濃度に依存している。種子内部で活性酸素が発生すると、アブシシン酸の濃度が低下し、ジベレリンの濃度が増加し発芽に至る。その他にも発芽に至るプロセスには、タンパク質の酸化や、酸化還元反応、転写因子の活性化などがあげられる[8]。

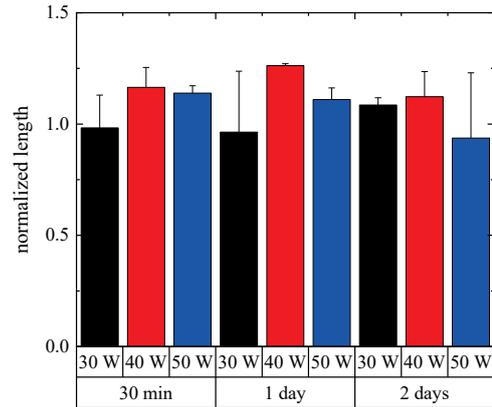


図6 放電電力を変化させた場合のかいわれ大根平均長 fig. 6. Discharge power dependence of average length of sprouts after plasma irradiation.

また、活性酸素により、種子表面の発芽阻害物質が酸化され、発芽が早まるとの報告もある。

今回の実験は、酸素プラズマ中の活性酸素を種子に照射したことにより、種子状態において上述した、種々の反応が促進されることにより、発芽後の成長が促進されると考えられる。

現在、より栽培開始時間を細かく区切り、同様の実験を行うとともに、種子に含まれる水分量の増減とタンパク量の調査を行っている。今後は、プラズマ照射によって生じる吸水前の種子内部での生化学反応の経時変化を試薬と電気泳動を用いて詳細に調査する予定である。

4. まとめ

低圧酸素プラズマ照射を行ったかいわれ大根種子が、種子の状態のまま、どの程度成長促進効果を保持するか調査した。得られた結果を以下に示す。

- (1) 照射を行った種子は2日間成長促進効果を保持すること、最大の成長促進効果は照射直後ではなく1日保管後に栽培を開始した場合に得られた。
- (2) 放電電力が高い場合、成長促進効果は照射直後から栽培を開始したときが高く、電力が低い場合は、ある期間保管後に栽培を開始した場合が高くなる傾向を示した。
- (3) プラズマの照射条件を変化させることで、成長促進効果が最大となる栽培開始時刻を制御できると考えられる。

謝辞

本研究は本学エレクトロニクス研究所の支援により行われました。ここに謝意を表します。

(令和1年10月18日受付)

文 献

- (1) N. Hayahi, A. Nakahigashi, M. Goto, S. Kitazaki, K. Koga, M. Shiratani: "Redox Characteristics of Thiol Compounds Using Radicals Produced by Water Vapor Radio Frequency Discharge", *Jpn. J. Appl. Phys.*, 50, 08JF041 (2011).
- (2) S. Kitazaki, K. Koga, M. Shiratani, N Hayashi: "Growth Enhancement of Radish Sprouts Induced by Low Pressure O₂ Radio Frequency Discharge Plasma Irradiation", *Jpn. J. Appl. Phys.*, 51, 01AE01 (2012).
- (3) S. Kitazaki, K. Koga, M. Shiratani, N Hayashi: "Growth Control of Dry Yeast Using Scalable Atmospheric-Pressure Dielectric Barrier Discharge Plasma Irradiation", *Jpn. J. Appl. Phys.*, 51, 11PJ02 (2012).
- (4) S. Kitazaki, K. Koga, M. Shiratani, N. Hayashi: "Rapid Growth of Radish Sprouts Using Low Pressure O₂ Radio Frequency Plasma Irradiation", *MRS Pro.*, 1469, pp. mrs12-1469-ww02-08 (2012).
- (5) S. Kitazaki, K. Koga, M. Shiratani, N. Hayashi: "Effects of Atmospheric Pressure Dielectric Barrier Discharge Plasma Irradiation on Yeast Growth", *MRS Pro.*, 1469, pp. mrs12-1469-ww06-08 (2012).
- (6) S. Kitazaki, T. Sarinont, K. Koga, M. Shiratani, N Hayashi: "Plasma induced long-term growth enhancement of *Raphanus sativus* L. using combinatorial atmospheric air dielectric barrier discharge plasmas", *Current Applied Physics*, 14, S149-S153 (2014).
- (7) K. Koga, S. Thapanut, T. Amano, H. Seo, N. Itagaki, N. Hayashi, M. Shiratani: "Simple method of improving harvest by nonthermal air plasma irradiation of seeds of *Arabidopsis thaliana* (L.)", *Applied Physics Express*, 9, 016201 (2012).
- (8) 小川健一: 活性酸素で植物が元気に成長する 抗酸化物質グルタチオンの新機能、*化学と生物*、40 巻、11 号、2002 年、pp.752-756。