

大気圧 LF プラズマジェットの影響 植物への照射による影響

大分大 工, ○衛藤 啓, 大鳥大地, 赤峰修一, 市來龍大, 金澤誠司
大分市旦野原 700 番地

Influence on Plants by Irradiation of Atmospheric-pressure LF Plasma Jet

○Kei ETO, Daichi OTORI, Shuichi AKAMINE,
Ryuta ICHIKI, Seiji KANAZAWA

Department of Electrical and Electronic Engineering, Oita University

In this study, *Arabidopsis thaliana* was irradiated by atmospheric-pressure low frequency (LF) plasma jet. Here, helium gas was used as an operating gas. We evaluated the influence of the atmospheric-pressure plasma jet on growth of the plants by measuring the leaf area of *Arabidopsis thaliana* and comparing with a control group. We also measured chlorophyll fluorescence of leaves. As a result, the effect of atmospheric-pressure plasma jet was different with state and form of plants. The growth stimulation was observed for the seeds irradiated by atmospheric pressure-plasma jet after vernalization. After germination the apoptosis occurred for the leaves irradiated by the plasma jet. This inactivation was related to the intensity decrease of chlorophyll fluorescence from the leaves.

1. まえがき

18 世紀に電流がモモ科の低木の生長を促進させることが報告されてから、電気が植物の生育に及ぼす影響について様々な研究が行われてきた。近年では電圧、電流や電界の他に非熱プラズマを用いた植物への研究も行われており関心を集めている。我々もカイワレ大根の種子を大気圧非熱プラズマジェットで処理することで、その後の生長が促進されることを前回の研究で確認した。また促進効果がえられた処理群では、種子中のグルコース濃度が増加していることもわかった[1]。

本研究では低周波(LF)の大気圧非熱プラズマジェットを用いてシロイヌナズナ(*Arabidopsis thaliana*)を処理し、その影響を調査したので報告する。

2. 実験装置および方法

実験試料としてシロイヌナズナを使用し、種子に春化処理(Vernalization)と呼ばれる低温処理を 1 週間行った後、温度を 22°C に設定した人工気象器の中で明 16 h / 暗 8 h の長日条件で生育を行った。そして人工気象器へ試料を移した日を 0 day として 4 週間生育した。

今回我々は低周波(LF)の大気圧非熱プラズマジェットを使用した。動作ガス(He, 2 l/min)の流れるプラスチック製の管に幅 15 mm のリング状の電極を設置し、低周波の高電圧 (20 kHz, $V_{0p} = 3$ kV) を印加することでプ

ラズマジェットを生成し、このプラズマジェットを 1) 春化処理前の種子、2) 春化処理後の種子、3) 発芽後のシロイヌナズナの葉に照射した。そして試料の葉面積を測定し、未処理の Control 群と各処理群を t 検定により比較することで、それぞれの影響を統計的に評価した。今回は生育 4 週間後の葉面積を測定した。

植物は光合成を行うことで無機物から、糖類などの有機化合物を合成し生長する。この光合成で利用される光エネルギーは、葉緑体中のクロロフィル (Chlorophyll) と呼ばれる色素が外部から吸収したものである。クロロフィルは光合成において最も基本的な色素であり、光捕集として重要な役割を担っている[2]。葉から吸収された光エネルギーは光合成の他に、熱放散や蛍光として消費される。この蛍光は一般的にクロロフィル蛍光と呼ばれ、683 nm 付近にピークを持つ。Fig.1 に吸収された光エネルギーの経路を、Fig.2 に本実験で観測されたクロロフィル蛍光を示す。クロロフィル蛍光は種々の環境ストレスが植物に及ぼす影響やその作用機序を調べるために非常によく用いられている[3]。また、非破壊で測定できるため、同一の葉を観測することが可能である。今回我々は発芽後の試料に関してプラズマジェット処理前と処理後のクロロフィル蛍光を測定した。励起光には 455 nm の LED 光源を使用し、反射プローブと簡易分光器を用いて測定した。

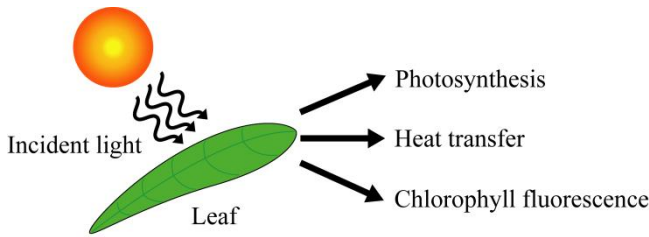


Fig.1 Pathway of lighting energy absorbed chlorophyll from incident light.

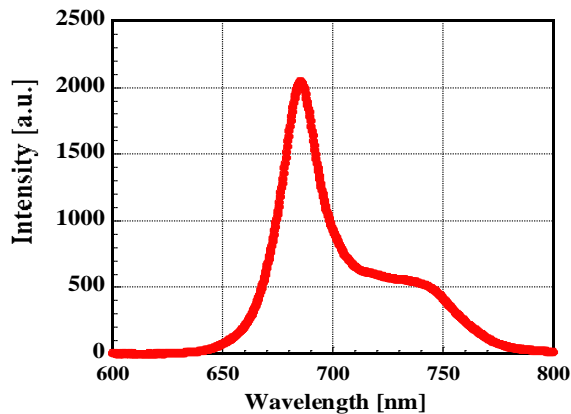


Fig.2 Chlorophyll fluorescence from the leaf of *Arabidopsis thaliana*. (integration time, 25 msec.)

3.実験結果

Fig.3 に照射時間 30 分のときの葉面積の測定結果を示す。春化処理前にプラズマジェットを照射したものは変化があまり見られないが、春化処理後にプラズマジェットを照射したものは Control 群との差が顕著であり、t 検定から統計的有意差が見られ、プラズマジェットによる生長促進効果が認められる。また発芽後(生育 1 週間後)にプラズマジェットを照射したものは枯れてしまい葉面積の測定は行えなかった。

一方、Fig.4 は発芽後(生育 2 週間後)にプラズマジェットを 1 分照射した葉のクロロフィル蛍光の測定結果を示す。プラズマジェットの照射直後には外見上の変化は観察されなかったが、照射された葉ではクロロフィル蛍光が大きく減少した。このことから大気圧 LF プラズマジェットは光合成系に強く影響を及ぼすことが考えられる。同じような仮説として、微細藻類をパルス電界で処理すると光化学系 II に影響を及ぼし光阻害が引き起こされることが報告されている[4]。また照射時間 1 分以下の短時間でも照射された葉は枯れてしまった。このことから照射時間に関係なく、発芽後の試料には大気圧 LF プラズマジェットの照射がアポトーシスを引き起こしているものと考えられる。

4.まとめ

今回の研究で大気圧 LF プラズマジェットの効果が植物の状態や形態によって異なることがわかった。試料が種子のときは、春化処理後にプラズマ照射を行うことで生長への促進効果が得られた。また、発芽後の試料に対しては、プラズマの照射は葉枯れを引き起こし、その際にクロロフィル蛍光の減少としてモニタリングされることがわかった。

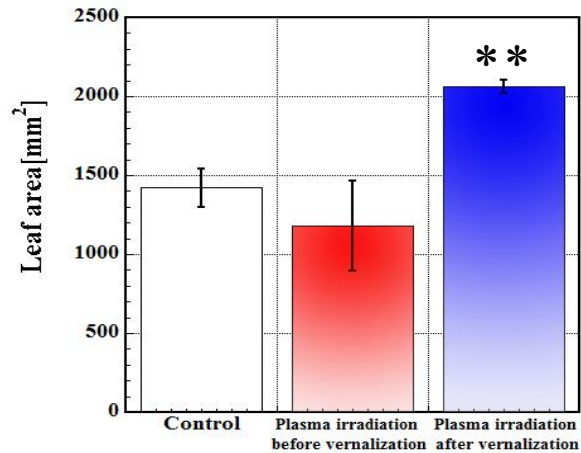


Fig.3 The leaf area of *Arabidopsis thaliana* after 4 weeks. (** ; $P < 0.01$ by t-test, * ; $P < 0.05$ by t-test)

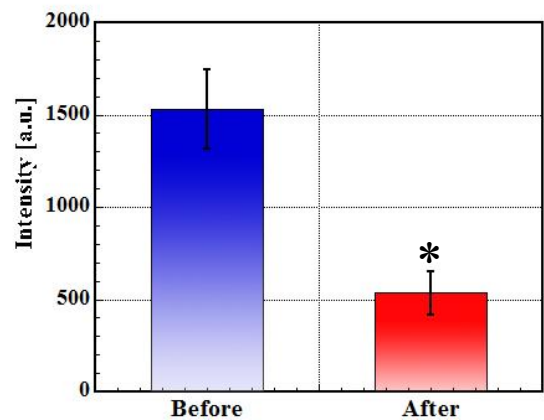


Fig.4 Chlorophyll fluorescence of leaves irradiated by plasma jet. (integration time, 25 msec., 683.49 nm) (** ; $P < 0.01$ by t-test, * ; $P < 0.05$ by t-test)

参考文献

- [1] 衛藤, 阿南, 市来, 赤峰, 金澤: 静電気学会講演論文集 2013, pp. 249-250 (2013)
- [2] 佐藤公行: 光合成, p.11, 朝倉書店(2002)
- [3] 大政謙次 他: 植物の計測と診断, pp.73-74, 朝倉書店(1988)
- [4] R. Straessner, C. Eing, M. Goettel, C. Gusbeth, W. Frey, "Monitoring of Pulsed Electric Field-Induced Abiotic Stress on Microalgae by Chlorophyll Fluorescence Diagnostic", IEEE Trans. Plasma Sci., **41**, pp. 2951-2958 (2013)