

低温プラズマ技術を用いた高品質イチゴの作出 ～低温プラズマによる先端農業に向けて～

幸田町では、町内のものづくり企業の活力向上と農水産物の生産や課題の解決に向け、地方創生交付金を活用した取り組みを推進しています。

その中で、平成28年度内閣府地方創生加速化交付金を活用し、名古屋大学との受託研究における取り組みにおいて、名古屋大学プラズマ医療科学国際イノベーションセンターの堀 勝（ほりまさる）センター長・教授（未来社会創造機構）らの研究グループは、低温プラズマをイチゴ苗の生育とともに処理すると、抗酸化値の高い物質を通常の生育法において栽培したイチゴ果実よりも多量に蓄積することを見出しました。

近年、大気圧低温プラズマを、医療分野をはじめとするバイオ応用のための研究が盛んに行われており、名古屋大学においても独自に開発した超高密度プラズマ発生装置を用いて、がん治療研究のための数多くの研究成果を上げてきました。また、その一方で、農業分野においても低温プラズマを応用するための研究開発が進められており、苗の生育促進や収穫量の増加、病原菌の殺菌、食品の保持など、様々な効果があることが報告されています。本研究においては、低温プラズマ技術を用いることで付加価値の高い農作物の生産を目的とし、イチゴ苗の生育過程において低温プラズマ処理を行いました。果実に含まれる成分を分析したところ、低温プラズマ処理を行った苗から収穫した果実には、抗酸化値の高いアントシアニンを多量に蓄積することが示されました。一方で、低温プラズマにより発生し人体に毒性を示す過酸化水素は蓄積していませんでした。これらの結果は、世界で初めて安全な「抗酸化イチゴ」生産の可能性を示唆するものと考えられます。今回の成果により、今後、幸田町内のモノづくり企業による低温プラズマ機器の開発と、次世代農業に向けた安心・安全で革新的な技術としての発展が期待されます。

【ポイント】

- 愛知県額田郡幸田町のイチゴハウス内に低温プラズマ装置類を設置し、9月～2月の期間中イチゴ苗の栽培とともに、定期的に低温プラズマ処理を行った。
- 低温プラズマ処理として、低温プラズマを苗へ直接照射する方法と、プラズマ照射溶液を調製し散水する方法の2種類の処理を行った。
- プラズマ処理を行ったイチゴ苗から収穫した果実には、抗酸化に関わる物質の蓄積量が増加することが示された。
- 果実に含まれる成分において毒性を有する物質の蓄積は検出されず、安全であることを確認した。

【研究背景と内容】

（研究背景）

名古屋大学と幸田町では、平成26年から、まちづくりの推進や地域産業の振興等について連携と協力をする内容の協定書を締結しています。その中で、低温プラズマの可能性に注目した幸田町は、平成27年度から内閣府の地方創生交付金を活用し、地域産業の活力向上と農水産物の生産や課題の解決に向け、名古屋大学と委託契約を交わし、農業・水産業の分野に低温プラズマを用いた新しい製品開発と技術の創出に関する取り組みを推進しています。

低温プラズマにおいては、近年世界中で医療応用研究が活発に行われており、名古屋大学プラズマ医療科学国際イノベーションセンター 堀 勝（ほり まさる）センター長・教授（未来社会創造機構）らのグループでは、医工連携の枠組みの元、超高密度のプラズマ発生装置を用いたがん治療への応用研究を精力的に展開してきました。昨年、臨床で使用されている点滴に低温プラズマを照射して調製したプラズマ活性溶液（Plasma-activated Lactec, PAL）が、脳腫瘍や卵巣がん細胞に対して抗腫瘍効果をもたらすことを見出しており、低温プラズマのバイオ応用の分野で世界を牽引しています。

また、世界のプラズマ研究者たちは、医療分野での応用研究の隆盛から、得られた成果をさらに発展し、低温プラズマを農業分野へ応用するための研究もこの数年において急速に進めており、苗の生育促進や収穫量の増加、病原菌の殺菌、食品の保持など、様々な効果が報告され、農業分野において低温プラズマが新しい技術として実装される可能性が示されています。

一般に、植物は気温や乾燥、土壌塩分など様々な環境からのストレスに対して耐性物質を合成して生存しています。低温プラズマの照射では、大気中の酸素や窒素が活性化された状態となり照射されるため、生体にとっては活性酸素種や活性窒素種のストレスと言い換えられます。上述したように低温プラズマ処理により苗の生育促進効果などの報告はあるものの、機能性成分の産生に着目した報告はこれまで例がありませんでした。そこで本研究では、植物体にとって適度な酸化ストレスの刺激となるように低温プラズマ処理を行い、抗酸化値の高い機能性物質を蓄積した果実を作出することが可能ではないかと考えました。

今回、幸田町の特産品であり優れた栽培技術が確立されているイチゴ栽培に、世界をリードする名古屋大学の低温プラズマ技術を融合することで、安全で高品質なイチゴ果実の生産を目的として研究を行いました。高付加価値を持った果実を生産することで、低温プラズマが次世代農業の技術開発に大きく貢献できることが期待されます。

(内容)

愛知県額田郡幸田町のイチゴ農家様より、20 cm×20 m の高設棚が4列設置されたビニルハウス(10.8 m×24 m)をご提供頂き、図1に示す低温プラズマ装置類を導入して「幸田町-名古屋大学先端プラズマファーム(ニックネーム:NU-Kota Plafarm)」と名付け実証試験を行いました。イチゴ苗(品種:紅ほっぺ)の定植や、散水・施肥、ビニルハウス内の温度・照度の管理、病虫害の防除等、栽培に関する作業は通常と同じ手法で農園長様に行って頂きました。低温プラズマ処理として、イチゴ苗に自動運転でプラズマを照射するためのプラズマ照射装置を、また、プラズマ照射溶液(PAL)を自動で生成する装置を設置し、その場で調製した PAL を蒸留水で希釈してイチゴ苗に散水し行いました(図1)。ビニルハウス内を以下のように、

- ・プラズマ直接照射区
 - ・プラズマ照射溶液 (PAL) 散水処理区
- およびそれらの対照として、
- ・対照区
 - ・蒸留水散水処理区
 - ・未照射溶液散水処理区



(a) プラズマ直接照射 (b) プラズマ照射溶液の調製

図1 ビニルハウス内に設置した低温プラズマ装置

これらの処理区を設け、苗を定植した9月から2月末までの期間、通常の栽培法に加えて低温プラズマ処理を定期的に行いました。

低温プラズマ処理による果実中の抗酸化成分の変化を調査するため、図2のようにそれぞれの処理区から収穫した果実より総アントシアニン含量を分析しました((+)の数は処理の強さを示す)。アントシアニンは活性酸素を除去する抗酸化作用を有しています。活性酸素がヒトの体内に蓄積すると老化のほか、がんや脳卒中、動脈硬化などの疾病を引き起こします。アントシアニンはビタミンCよりも安定した抗酸化作用を示すとも云われています。プラズマ直接照射区より収穫した果実では、対照区の果実と比較して約 25%有意に増加しました。また、PAL(+)および PAL(++)処理区より収穫した果実では、同様の未照射溶液(+)および未照射溶液(++)処理区の果実と比較してそれぞれ約 40%, 52%増加しました(蒸留水処理区と比較しても約 12%, 19%有意に増加した)。これらの結果は、プラズマ直接照射と PAL による処理いずれにおいても、イチゴ苗に対してある種の刺激、特に活性酸素種による酸化ストレスとなり、その防除のために抗酸化値の高いアントシアニンを果実中に蓄積したと考えられます。

合わせて、低温プラズマによる処理による残留毒性に対する安全性の確認を行いました。低温プラズマの照射によって、様々な活性種(活性酸素・活性窒素種)、電子、イオン、オゾンなどが同時に発生します。これらのうち化学的に安定で果実への残留が考えられる過酸化水素についての果実中への蓄積量を分析したところ、対照の果実の蓄積量と等量であることが示されました。すなわち、プラズマ処理を行い生産されたイチゴ果実は安全であることを確認しました。

以上のことから、イチゴ苗を栽培する過程で定期的に低温プラズマ処理を行うことによって、抗酸化値の高い物質を蓄積した高品質かつ安全なイチゴ果実の生産を可能とすることが示されました。今後、最適な処理条件のさらなる検討とともに、低温プラズマ処理による植物体内での作用機序を解明することが必要と考えられます。また、実装化に向け低温プラズマ装置の改良が必要と考えられます。

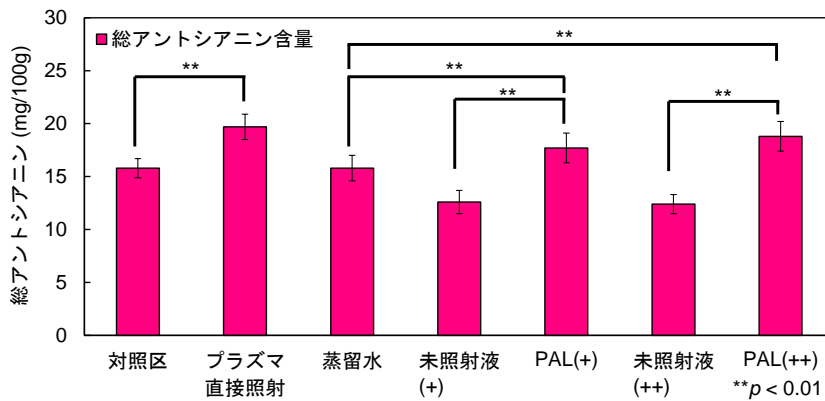


図2 処理区ごとでの果実中の総アントシアニン蓄積量

【成果の意義】

これまでに低温プラズマの農業分野への応用研究として、収量増加や成長促進について報告されていましたが、本研究においては機能性成分として抗酸化値に着目し、低温プラズマの処理により果実の付加価値を高めることを世界で初めて示しました。加えて、栽培期間を通じてフィールドにおいて低温プラズマ処理を行う検討はこれまで報告例がありませんでした。本研究の結果から、低温プラズマの利用が高品質な農作物の生産に非常に有益であり、未来農業に向けた革新的な技術としての発展が期待されます。

【用語説明】

プラズマ:

電離状態の気体。宇宙の99%以上はプラズマから構成されている。プラズマを用いて半導体の微細加工などのものづくりは全産業の基幹技術となっている。

大気圧低温プラズマ:

真空下でなく大気圧下で生体に熱の影響をあまり与えることなくプラズマを照射する技術の進歩により、近年、大気圧低温プラズマを医療や農業の分野において応用する試みが盛んに行われている。

プラズマ活性溶液:

プラズマを照射した溶液のことで、培養液や点滴などをプラズマ照射すると抗腫瘍効果などの細胞・組織に様々な生理学的応答を示すことが明らかとされてきた。