

論文要旨

申請者 中村 仁美

論文題名：乳酸オリゴマーの農業への応用に関する研究

乳酸は有機酸の一つであり、生体内でも生産されるエネルギー基質のひとつである。また、乳酸菌が作り出す物質でもあり、食品に酸味を与え、有害な菌類の繁殖を抑える機能を有している。このように非常に身近な物質であるが、結晶として取り出すために、乳酸水溶液を加熱・濃縮しても乳酸結晶は得られない。つまり、乳酸は加熱することで、容易に脱水縮合反応を起こすからである。このように、乳酸が脱水縮合により結合した物質は、乳酸重合体と呼ばれ、その重合度や研究分野により、ポリ乳酸や乳酸ポリマー、特に重合度の低いものは乳酸オリゴマーと呼ばれている。

乳酸重合体として最も知られているものはポリ乳酸であろう。ポリ乳酸は急性毒性試験、復帰突然変異試験、細胞毒性、皮膚感作性について、いずれも生体に悪影響は認められず、最終的に二酸化炭素と水に代謝される。このような安全性と力学特性に加え、トウモロコシなどを原料とする再生可能な資源であり、更に、生分解性から土に還るプラスチックとして注目されてきた。そのため、プラスチックとしての強度や分解性が多く研究されているが、植物への影響や堆肥化における影響やその利用などについても研究が行われている。いずれもポリ乳酸の悪影響はなく、堆肥化においてはその進行を良好に進め、植物に対しては成長促進や収量の増加をもたらすことが確認されている。

乳酸単体においても、サトウキビ、ネーブル、カルベネ等様々な植物のバイオマスの増加を促すことが報告されている。しかしながら、乳酸試薬を用いたウキクサのバイオマス実験において、ウキクサのバイオマスを増加させたのは乳酸ではなく、試薬に含まれる乳酸重合体であるとの報告もある。そのため、この報告以前の研究において、一般的な乳酸試薬を用いていた場合、乳酸に植物成長促進効果があるとする研究結果については、不純物として含まれていた乳酸重合体による効果が発現したものと考えられる。

一方、医学分野において、乳酸オリゴマーのもつ全く異なる効果について研究がなされている。乳酸オリゴマーは、1982年、Hela細胞と正常細胞を混合した培養液中から、がん細胞の増殖抑制と殺細胞性効果を示す物質として見いだされている。以降、発がん予防効果、腫瘍増殖抑制効果、便秘や下痢の改善、子宮内膜症の疼痛軽減や消失、乳牛の乳房炎治療などが報告されている。がんへの効果と安全性から、乳酸オリゴマーは、前がん状態から初期がんをターゲットとした医薬品あるいは機能性食品となりえる可能性が大きいと

予想されている。

製薬分野では、乳酸オリゴマーを乳酸の徐放剤と捉えて創薬されている。すなわち、乳酸をはじめ、有機酸には抗菌作用があるが、オリゴマーを利用することで、持続的な効果が期待できる。現在、局所的に pH を下げた方が良い治療や予防薬として乳酸オリゴマー含有医薬組成物が開発されている。

このように、乳酸重合体は高分子学、農学、医学、薬学など様々な分野から異なる特性が見いだされている。しかし、これほどの機能性を示しながら、乳酸オリゴマーに関する系統的な研究はなされていない。それは、乳酸重合体の研究が、石油系プラスチックの代替原料としての乳酸ポリマーから始まり、オリゴマーはその分解物ととらえられていたからだと考える。そこで筆者は、ポリ乳酸ではなく、はじめから乳酸オリゴマーを利用することに着想した。また、極めて安全で多機能な乳酸オリゴマーは、自然環境に密接し、食卓に直結する農業や水産業において、その機能を発揮できると考えた。畜産や農業において解決しなければならない課題は多い。例えば、糞尿や堆肥の臭気問題、病害、生産物の鮮度保持、貯蔵中のカビ問題など実に多様である。そこで、農業において有効と考えられる乳酸オリゴマーの効果のうち、植物の成長促進、抗カビ機能及び消臭機能について、検証することとした。また、乳酸オリゴマーを効果的に取り扱うため、液状乳酸オリゴマーに含まれている重合度や異性体、さらにその分解速度を調べた。

植物の成長促進については、豆苗の水耕において、コハク酸、乳酸、乳酸オリゴマーをそれぞれ用いて生育させた結果、乳酸オリゴマーがバイオマスを増加させることを確認した。また、豆苗の中に乳酸オリゴマーが取り込まれていることを LC-TOF/MS を用いて、はじめて明らかにした。乳酸オリゴマーは重合度や形状に関わりなく取り込まれていた。すなわち、乳酸オリゴマーには生理活性が認められていることから、野菜に新たな機能性を持たせた付加価値の高い野菜を生産する可能性が見いだされた。

抗カビ効果については、日本の伝統文化でありながら、カビ問題で敬遠されがちとなっている豊表の原料であるイグサを用いて実験を行った。乳酸、乳酸オリゴマー、安定化二酸化塩素で処理したイグサを、湿度 95%以上、温度 30℃の条件下で 31 日間、カビの発生の有無を観察した。処理濃度と防カビ日数について検討したところ、乳酸には相関関係は認められなかったが、乳酸オリゴマーでは相関関係が確認され、一定濃度以上では 31 日間カビの発生を抑えた。乳酸は他の有機酸に比べ、ほとんど抗カビ効果がないと報告されているため、抗カビ効果は、乳酸重合体になることで得られた新たな機能であると考えられる。また、乳酸処理したイグサには結露が認められ、イグサの防カビ材として不向きであることが分かった。

消臭機能については、アンモニア、メチルメルカプタン及びホルムアルデヒドに対する

効果を検証し、いずれも消臭効果が認められた。

本研究においては、ポリ乳酸に関する研究が多い中、様々な分野から少しずつ得られた乳酸オリゴマーの知見を調べ検証した結果、これらが有する新たな可能性を詳細な実験によって見いだした。乳酸オリゴマーに焦点を当てた報告は他に見当たらず、この物質の植物への取込みや抗カビ作用などの新知見を提供した。さらに人と環境、いずれに対しても安全な物質であり、乳酸オリゴマーの持つ多機能性は健全な循環型農業構築に大きく寄与できることを確認した。