

報道機関 各位

国立大学法人東北大学
オリエンタル白石株式会社

ナノバブルでワサビの発芽率が3倍超に！ イオンとの相乗効果による新機能の発現に成功

【発表のポイント】

- ナノバブル^(注1)を利用することで本わさびの種子の発芽率を20%から70%程度まで高めることに成功
- ナノバブルを含む水溶液中のカリウムイオンは発芽の時期に合わせて1/100レベルまで低下し、カルシウムイオンが増加
- 細胞内外でのイオン輸送に対して、ナノバブルが「運び役」のような役割を果たしていることが示唆された

【概要】

マイクロバブルやナノバブルなど、いわゆるファインバブルには人の生活を変える大きな可能性があります。その応用は農業や水産業、工学、医療など非常に幅広く、世界中で活発な研究が始まっています。しかし作用メカニズムには不明な部分が多く、適切な利用形態も明らかではありません。今後の実用化に向けてさらなる研究開発が求められています。

東北大学未来科学技術共同研究センターの高橋正好特任教授とオリエンタル白石株式会社（以下、「オリエンタル白石」）は、耐久性に優れたコンクリートの開発や、作物と魚を同時に育てる水耕栽培アクアポニクス^(注2)へのファインバブルの応用などを目的とした共同研究を進めています。その取り組みの中で、ナノバブルと呼ばれる小さな泡を使うことで難発芽性種子である本ワサビの大幅な発芽率向上に成功しました。そのメカニズムとして、ナノバブルがカリウムイオンを種子の内部に能動的に運び入れる現象を発見しました。その効率は非常に高く、水溶液中のカリウムイオン濃度が99%以上低下しました。これに対してナノバブルが無い場合、同じ水質条件であってもカリウムイオンの濃度低下はわずか10%程度でした。

細胞レベルでのイオンの交換は生命現象の本質にかかわる重要な現象です。小さな泡がナノレベルでの物質のやり取りに貢献できるという今回の発見は、生命現象を含めた様々な分野での実用展開に向けて新たな一歩になり得るものと言えます。

本研究の成果は、2023年2月27日にオンライン誌 Scientific Reports に掲載されました。

【詳細な説明】

研究の背景

本学未来科学技術共同研究センター(NICHe)の高橋正好特任教授の研究グループでは、マイクロバブルやナノバブルと呼ばれる小さな泡を使った研究を進めています。その一環として、オリエンタル白石との共同研究ではナノバブルとイオンとの相乗効果に着目した開発に取り組んでいます。

水は地球上の生命にとって最も重要な物質であり、体を作るベースであるほか、体内の組織や細胞に酸素や栄養素を送り届ける媒体でもあります。水分子は他の物質と結合したり、その周りを取り囲んだりして、多様な物質を溶かし込むことが可能です。その中でもイオンは電気を帯びた物質であり、水分子と静電的な作用で結びつくことで大量に水に溶け込むことが可能です。

今回の取り組み

本学未来科学技術共同研究センターとオリエンタル白石は、アクアポニクスと呼ばれる水耕栽培の中にナノバブルを導入するための技術開発を進めてきました。アクアポニクスは植物を育成させながら、同時に魚を養殖するシステムです。魚の排せつ物を栄養素にしてレタスなどの野菜を育てるものであり、同時に野菜により水が浄化されて魚を健康に育てます。共同研究では、アクアポニクスを実現させるための基礎技術の開発にも取り組んできました。そのひとつが植物の種子の発芽促進です。特に本わさびは発芽が非常に難しいとされる種子であり、本研究の対象としました。

通常の作物は発芽率が8割以上ありますが、本わさびの種子は貯蔵が難しく、栽培時の発芽率が2割程度まで落ちることもあります。実験に利用したナノバブルは東北大学が2年前に開発に成功した酸素ナノバブルであり、微量の鉄イオンを含む溶液中で発生させたものです。特殊な顕微鏡を使うことで50nmよりも小さな泡として安定していることが分かっています。実験ではこれに異なったイオンを加えて発芽試験を行ったところ、カリウムイオンを入れた条件で高い発芽率を達成しました。また発芽のタイミングで溶液中のカリウムイオンの99%が種子に取り込まれていることが分かりました。同時に多量のカルシウムイオンが種子から排出されていることも観察されました。この様な現象は他の条件では確認されないため、ナノバブルが一種の運び役となって種子の内部にイオンを輸送しているメカニズムが考えられました。すなわちナノバブルとカリウムイオンによる相乗効果としての発芽促進です。

本学未来科学技術共同研究センターとオリエンタル白石は、ナノバブルとイオンとの相乗効果を利用した研究として、コンクリートの緻密化にも取り組んでいます。セメントの練り材として二酸化炭素ナノバブルとカルシウムイオンを利用したところコンクリートにおける水の浸透性が大きく低下しました。イオンとの相乗効果を利用することでコンクリートの耐久性の向上につながりました。

今後の展開

ナノバブルは比較的安価で大量に作ることも可能であり、また長期に安定させることにも成功しています。今回の研究では、あらかじめ作成したナノバブル水に、後からカリウムイオンなどの他の物質を追加することでも相乗効果が発揮されることが明らかになりました。これによりナノバブルの利用形態が大きく広がります。

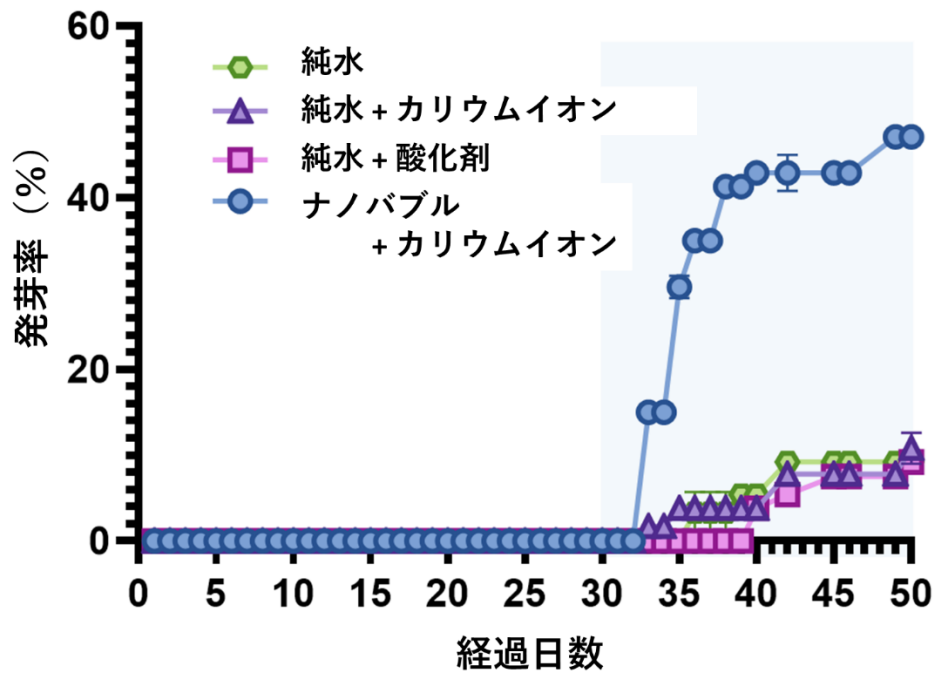


図1 各種溶液と発芽率の関係

カリウムイオンを含むナノバブル水の場合、他の条件に比べて格段に高いワサビの発芽率が認められました。65 日目の段階ではカリウムイオンを含むナノバブル水では 70%以上の発芽率を達成しました。これに対してナノバブルを含まないカリウムイオン水では 20%程度でした。

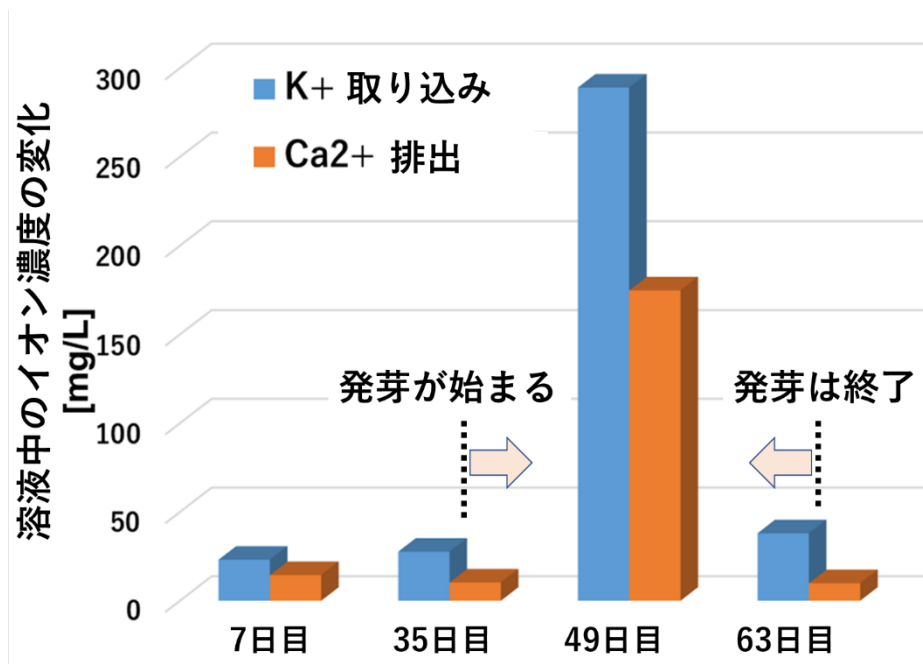


図2 カリウムイオンの取り込みとカルシウムイオンの排出

溶液を7日間ごとに交換しながら、溶液中のイオン濃度を測定したところ、発芽のタイミングに合わせて大量のカリウムイオンが種子に取り込まれました。同時にカルシウムイオンが種子から排出されました。ナノバブルを含まない水ではこのような顕著な効果は確認されませんでした。

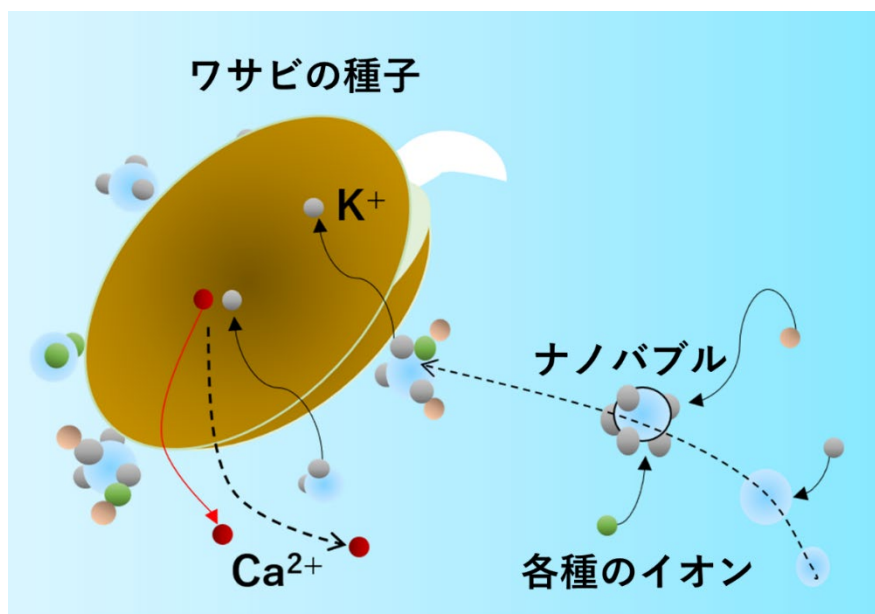


図3 ナノバブルによるカリウムイオンの取り込み(イメージ図)

ナノバブルがワサビの種子の発芽率を向上させるメカニズムとして、カリウムイオンを引き連れて種子の内部に侵入している可能性が考えられます。そのタイミングに合わ

せて種子からはカルシウムイオンが排出されます。この相乗効果により種子の発芽率は20%から70%に増加しました。

【用語説明】

注1. ナノバブル

長期に安定化した微小な気泡であり、動植物への活性作用などが期待されています。本学未来科学技術共同研究センターではマイクロバブルを利用して作成しています。マイクロバブルは表面にエネルギーが濃縮する特徴があり、これを利用して汚れた水の浄化や半導体ウエハの洗浄などの技術開発を進めています。マイクロバブルの表面エネルギーとごく微量な鉄イオンを利用することでナノバブルとして安定化させることに成功しました。

注2. アクアポニクス

自然に近い環境を作り出して食糧(野菜と魚)を生産するシステムです。陸上養殖と水耕栽培から構成されており、それぞれの特徴を有効に生かした循環型の技術です。本学未来科学技術共同研究センターとオリエンタル白石では、マイクロバブルやナノバブル技術を組み合わせることで、持続性と生産性により優れたシステムの開発を進めています。

【論文情報】

タイトル : Accelerated germination of aged recalcitrant seeds by K⁺-rich bulk oxygen nanobubbles

著者 : Mijung Kim, Akio Shoji, Toshiaki Kobayashi, Yasuyuki Shirai, Shigetoshi Sugawa, Masayoshi Takahashi

筆頭著者 : オリエンタル白石株式会社 金 美貞

責任著者 : 東北大学未来科学技術共同研究センター 特任教授 高橋正好

掲載誌 : Scientific Reports

DOI : 10.1038/s41598-023-30343-2

URL : <https://rdcu.be/c6s4u>

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学未来科学技術共同研究センター

特任教授 高橋正好

TEL: 022-795-3977

E-mail: masayoshi.takahashi.c1@tohoku.ac.jp

オリエンタル白石株式会社 本社

技術本部技術部特殊技術チーム

課長 金 美貞 (Kim, Mijung)

TEL: 03-6220-0637

E-mail: mijung.kim@orsc.co.jp

(報道に関すること)

東北大学未来科学技術共同研究センター 広報

TEL: 022-795-4004

E-mail: niche-pr@niche.tohoku.ac.jp

オリエンタル白石株式会社 本社

技術本部技術部特殊技術チーム

課長 金 美貞 (Kim, Mijung)

TEL: 03-6220-0637

E-mail: mijung.kim@orsc.co.jp