

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：24201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06324

研究課題名（和文）ファインバブルを用いた水耕栽培による植物育成の効果

研究課題名（英文）Effect of fine bubbles on the plant cultivation under hydroponics

研究代表者

南川 久人（Minagawa, Hisato）

滋賀県立大学・工学部・教授

研究者番号：60190691

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、ファインバブルの植物栽培への効果を実験的に確認されているにもかかわらず、そのメカニズムについてはほとんど明らかにされていないことを念頭に、植物工場を想定した水耕栽培について、実験を重視した研究を行い、上述のメカニズムの解明を目的とした。主な結果としては、ウルトラファインバブル（以下UFB）を含む気泡群からマイクロバブル（以下 μ B）が浮上して消滅した後の水を使用したUFB条件と、浮上させずにそのままの水で栽培するUFB+ μ B条件の違いを明らかにする実験を行ったところ生育に有意差が見られず、これより生育にはDO値は重要ではなく、UFBの存在が主に影響していることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

昨今の世界情勢や気候変動を鑑みると、人類の今後の食糧事情は決して明るくなく、より効率的で持続可能な農業は不可欠である。植物工場等での食糧生産をより効率化させるFB技術は、安定的生産や肥料の削減による環境保護が期待でき、今後さらに重要性を増すと考える。諸作物を本技術で効率的に発育させるには、そのメカニズムの解明が急務であり、本研究は最初のステップではあるものの、UFBの重要性を確認することができた。

研究成果の概要（英文）：Effect of fine bubbles on the plant cultivation has been confirmed by a lot of researchers under hydroponics. Its mechanisms are, however, not clarified. In this study, experiments are performed to clarify the mechanism. Fine bubbles are consisted by micro bubbles whose diameters are between 1 to 100 micro meters, and by ultra-fine bubbles which are smaller than 1 micro meter. Experimental results revealed that ultra-fine bubbles are more significant on the plant cultivation than micro bubbles, and therefore, the dissolved oxygen itself is not so significant.

研究分野：混相流工学

キーワード：ファインバブル 植物水耕栽培 ウルトラファインバブル マイクロバブル 植物工場

1. 研究開始当初の背景

水産養殖へのファインバブル(以下 FB と表記)技術の利用をきっかけに,FB には固有の「生物活性作用」と「生物の生育促進効果」があることが確かめられた。近年,FB 技術の利用は農業分野にも進出し,FB と植物に関する研究が多数行われ,FB 処理による生育促進や収穫量の増大が報告されている。今後訪れる可能性が高いといわれている人類の食糧不足を考慮すると,農業が不要で,安定的に野菜類を製造できる「植物工場」は人類必須の技術であり,その技術の向上が食糧不足解消の鍵であると言っても過言ではない。植物工場で用いられるのは土壌栽培に対して培養液の管理のしやすさから水耕栽培である。しかし,水耕栽培にも欠点があり,それは大量の肥料を含んだ培養液の処理である。そのためには,培養液濃度を低くしても植物が育つ FB 処理水の利用がさらに注目されている。

この技術の中で最も不足しているのは,上述のさまざまな効果がなぜ FB を用いることで得られるのかという科学的根拠である。これら技術は,主に企業や NPO によってメカニズムを置き去りにしたまま,結果だけが先行する状況で作られてきたものが大多数である。したがって,FB によるさまざまな効果のメカニズムを明らかにする必要がある,今後の当該技術の発展のためにも不可欠なのである。

2. 研究の目的

本研究では FB が水耕栽培時の植物の生育や生理的応答へ及ぼす影響にターゲットを絞って,そのメカニズムを解明していくことを目的とする。

今回テーマとしている植物の水耕栽培時に FB を用いるとなぜ低培養液濃度(10%)でさえ,標準培養液濃度で生育させた場合と同程度に生育するのか?マイクロバブル(以下 μB と表記)(直径 $1\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$)とそれより小さいウルトラファインバブル(以下 UFB と表記)のどちらが生育促進に寄与しているのか?これらの「問い」に対する答えを見つけなければ,行き当たりばったりの技術となって,今後の当該技術の画期的な発展は見込めないであろう。

また,申請者の研究グループはこれまでの研究で,水耕栽培時の FB の効果は,FB の表面電荷(ゼータ電位,以下 電位)が大きいかかかわっているということ,これまでの研究で明らかにしてきた。FB の 電位は基本的に負であり,負に帯電した FB が根毛に付着し,根毛付近に栄養分の陽イオンを寄せ付けてくれる働きは,低肥料濃度条件における FB の生育促進機構の一因であると思われる。pH を変化させることにより 電位の負の値を小さくすると,成長促進効果は明らかに低下し,場合によっては生育不良を導くこともわかった。以上で 電位が水耕栽培時の生長促進に大きく影響していることを確認できたが,同時に新たな謎を生んでしまった。それは,pH=4.5 の弱酸性時, 電位はまだわずかに負の値をとっているにもかかわらず,なぜ生育不良が発生したのか?である。このことを明らかにするために,より詳細な実験を進めていく。光学的に観察できていない非常に小さな気泡・UFB が影響している可能性もある。

3. 研究の方法

UFB 領域の気泡を得るため,IDEC 社の UFB 発生装置 FZ1N-10I を購入した。この装置は,通称 Agri Gulf と呼ばれ,UFB を大量に発生させることが可能なことは言うまでもなく,植物栽培に有害な金属イオンの発生などを抑えることのできる,植物育成仕様である。

μB 領域と UFB 領域のどちらの気泡が,低肥料濃度条件における FB の生育促進に効果を示すのかを明らかにする実験においては,次の方法を用いた。まず,UFB 領域のみの培養液条件を作るには,FZ1N-10I で発生させた μB 領域と UFB 領域の両方の気泡を含む培養液をバケツ等に組み上げ,5 分ほど放置することにより,浮上性のある μB 領域の気泡は完全に除去され,UFB 領域の気泡のみが残った培養液となる。一方,FZ1N-10I で発生させた気泡群をそのままポンプでくみ上げて利用する方が, μB 領域と UFB 領域の気泡の両方を含む UFB+ μB 条件となる。現時点では, μB 領域の気泡のみを含む培養液を作る技術はないので,UFB 条件と UFB+ μB 条件での比較栽培実験を行うことで,上述の疑問点を解明することとした。UFB+ μB 条件では,常に気泡から培養液に酸素が供給されるので,酸素含有濃度 DO 値が UFB 条件と比較して高いことにも注意が必要である。植物としては,弱酸性下でも生育可能なコマツナを用いた。

また,pH を変化させる実験では,硫酸と水酸化ナトリウムを用いて pH を調整することで,pH=6.5 のほぼ中性条件と,pH=4.5 の弱酸性条件での栽培実験を行った。

さらに,通常の水と UFB 領域の気泡を含む水が植物に取り入れられる際のメカニズムを確認するための実験として,切り花の花持ちに関する実験を行った。切り花にはキクを用いた。花持ちは花の状況を目視確認し,吸い上げる水の量については,葉からの蒸散量を測定することにより,推定した。

4. 研究成果

諸条件での比較栽培実験をそれぞれ複数回行った。植物の生育は,培養液条件のみならず,気候条件や,外乱的に入ってくる病虫害などにも大きく左右されるのに加え,植物体自体の生育力

にももともとの株による違いがあるため、一回の栽培実験で結論を得ることは不可能で、何度か同じ条件で行った後、統計的なことも考慮して結論を得る必要がある。

UFB 条件と UFB+ μ B 条件での違いを明らかにする実験を複数回行ったところ、全体的に見て、生育に有意差が見られないと結論付けた。これより、生育には DO 値は重要ではなく、両条件ともに含まれる UFB の存在が主に影響していることを明らかにした。すなわち、 μ B の有無が生育にはあまり影響せず、これらより水耕栽培時の植物の生育に大きく寄与している気泡は UFB であることが確認できた。

また、pH の影響についての複数回の実験の結果、本水耕栽培には弱酸性条件である pH=4.5 の場合に、UFB 条件と UFB+ μ B 条件ともに、生育不良が起こることが確認できた。やはり、FB の電位が水耕栽培時の植物の生育に何らかの影響を与えていることが確認できた。したがって、生育促進のメカニズムとしては、目的の項に記した仮説、すなわち負に帯電した FB が根毛に付着し、根毛付近に栄養分の陽イオンを寄せ付ける働きが、低肥料濃度条件における FB の生育促進機構の一因であるという仮説が、今回も矛盾しないことが確認できた。

さらに、切り花の花持ちに関する実験の結果、UFB を含む水を用いたキクで花持ちが、含まないものに対して、延長することを確認した。このとき UFB を含む水を用いた条件で植物の吸水および蒸散が低下していることを確認した。このように、UFB 領域の気泡を含む水が植物に取り入れられる際には、UFB が吸い込まれる水の量を減らしているというメカニズムが確認された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 田中 玲桐, 畑 直樹, 水田 凌輔, 南川 久人, 原田 英美子, 安田 孝宏
2. 発表標題 ウルトラファインバブルがコマツナの水耕栽培に与える影響
3. 学会等名 日本機械学会第99期流体工学部門講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中澤 利恵, 田中 玲桐, 畑 直樹, 南川 久人, 原田 英美子
2. 発表標題 切り花の鮮度保持におけるナノバブルの作用機構
3. 学会等名 日本農芸化学会2021年度仙台大会（2021年3月）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水田凌輔, 南川久人, 畑直樹, 原田英美子, 安田孝宏
2. 発表標題 コマツナの水耕栽培にマイクロバブルとウルトラファインバブルそれぞれが与える影響
3. 学会等名 混相流シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	安田 孝宏 (Yasuda Takahiro) (60347432)	滋賀県立大学・工学部・准教授 (24201)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	原田 英美子 (Harada Emiko) (20232845)	滋賀県立大学・環境科学部・教授 (24201)	
研究分担者	畑 直樹 (Hata Naoki) (80571926)	滋賀県立大学・環境科学部・講師 (24201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関