

平成23年 4月 1日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20580277

研究課題名（和文）植物工場における高品質安定生産のための培養液の構造制御法の確立

研究課題名（英文）Structural Control of Nutrient Solution for High Quality and Stable Plant Production in High-Tech Greenhouses

研究代表者

石川 勝美（ISHIKAWA KATSUMI）

高知大学・教育研究部 自然科学系・教授

研究者番号：20117419

研究成果の概要（和文）：培養液に対する変異荷電セラミックスの界面動電処理は水の分子運動性を変化させ、培養液粘度は低下することが判明した。界面動電処理により正電荷が発生するが、カチオン帯電体の培養液の構造的な状態変化は、生育に大きな差として現れた。コマツナの生育試験の結果、生育促進効果や葉内の遊離アミノ酸の増加等、環境ストレスに対する根の適応性が早まった。

研究成果の概要（英文）：The electro-kinetic treatment enforces a slight decrease in viscosity to ease the absorption of ions and water by plant roots. After treatment many positive charges were generated near the surface of the ceramics. Cations incorporated with these positive charges are easily absorbed by the negative surface of the root. As a result, different growth parameters in Komatsuna plants have been improved. An increase in free amino acid contents in the leaves was also observed. So this treatment system can contribute to the stability of the growing high-quality vegetables in a short period of time.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,900,000	1,170,000	5,070,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：変異荷電、界面動電処理、抗酸化性

1. 研究開始当初の背景

資源・エネルギーの消費量の増加に伴い、

地球規模の環境問題が顕在化しつつある。世界の食糧生産にとっても重要な環境負荷で

あり、栽培環境の悪化は作物の活力を低下させる要因となっている。このため植物工場における栽培環境調節技術が大いに期待されており、これには良質原水の確保や環境保全が重要な課題となっている。

2. 研究の目的

植物の成長制御に関わる栽培用水の環境調節を図るため、培養液の pH 緩衝能を向上させる手法として栽培用水中に電荷を有するコロイドのメカニズムに着目し、岩石（珪酸塩鉱物）のもつ陰荷電を活用し、水自体の機能を向上させる水処理システムについて研究を進める。また栽培用水の環境調節において、植物生産の安定性や高品質化を図るには水自体の緩衝能が高いことが肝要であり、良質水の確保による栽培の安定性、水の再生利用にとって大きな意義をもつ。しかし、pH 調節に多量の酸・アルカリを添加することは培養液全体のイオンバランスを乱すことになる。そこで水の構造的な特異性に着目し、水溶液（培養液）の構造を変化させて抗酸化機能を付与する手法の開発に着手した。本研究では、酸化ストレスの抑制や鮮度保持機能を向上させるため、培養液に抗酸化機能と緩衝能を付与する最適な培養液管理システムを構築する上の設計資料を得ることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) ゼータ電位を有するセラミックスの適量を水中で常時流動させて摩擦・衝突を生じさせることにより、焦電気、圧電気等の発生とこれに伴う電気化学的反応が大いに期待できる。

①水の初期条件を一定にして処理条件の相違によるイオン化・イオン交換反応について調べる。また処理前後の水の平均的な構造状態を数量的に評価するため、粘度、酸化還元電位、pH等について調べ、水の機能化の比較検討を行う。

②大量の水の機能化処理を可能とする、効果的な水処理システムの各設計要素を検討するため、原水の水圧によりセラミックスの流動層内をワンパス処理する方式と、水槽内に入れた水を吸い上げ、流動層を通った水を水槽内にフィードバックさせる循環方式につき、セラミックス流動層の大きさや形状、セラミックス投入量、流速（流量）、処理時間等を変化させて水の状態について調べ、効率的な処理条件を実験的に解明する。

(2) 植物栽培に利用される水は原水によっても大きく異なるが、各種物質が含まれており、障害となる物質や無機元素の有効性についても知られている。また温度、季節によっても含まれる成分の違いも考慮する必要がある。

①処理水の機能性を詳細に調べるため、イオン分析計を用い、原水の定量分析を行うとともに、各物性値との比較検討を行う。

②水の状態変化をイオン化の点から把握するため、処理前後の水中の各イオン量をモル濃度に換算し、アニオン量とカチオン量の変化から定量的にとらえ、水の構造変化との関連を明らかにする。さらに処理水の良質苗生産への効果を確認するため、セル成型苗システム及びガラス温室内において種子の vigor 及び生育の比較試験を行う。

(3) 緩衝能を付与する効果的な培養液管理システムを構築する上での基礎資料を得るため、植物生産における良質水利用の実用化を図る上で、水中の反応性物質の機能を発揮させる水質の維持・コントロールはとくに重要となる。

①セラミックス処理水の植物に対する生理活性への効果を把握するため、インキュベータ内での種子のシャーレ試験、ならびにインキュベータ内に恒温槽を設置して、その中に循環式養液栽培装置上に定植パネルを置き、送水ポンプで培養液を循環供給させる方式で苗の生育比較を行う。

②セラミックス処理培養液の水環境と植物の機能性成分との関係を精密に解析するため、抗酸化成分について比較検討する。

4. 研究成果

(1) 界面動電処理装置（図1）により pH は処理時間の増加に伴い直線的に上昇し、10分～60分処理によりセラミックスの作用による pH の上昇は 0.03～0.06 であった。また酸化還元反応速度も大であり、循環処理直後のセラミックスの作用による ORP の増加量は 83mv～144mv であった。また処理経過後 ORP 値は減少し、230mv 前後で安定した。流動実験で pH も ORP も上昇する結果が得られたが、これは OH や HO_2 の生成反応によるものと考察された。一方、処理後の還元反応速度も速いことから、通常の水（原水）に対する還元系へシフトさせる作用効果も期待できる。

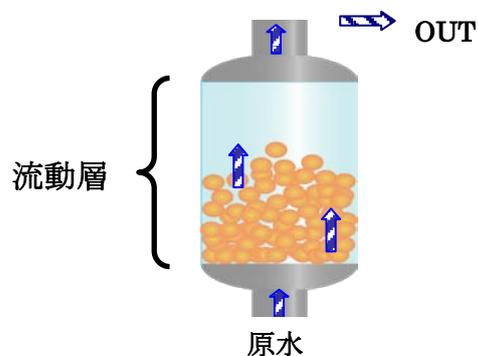


図1 界面動電処理装置

(2) 原水の界面動電処理による物性への作用効果を精密に調べるため、①含有イオンの極めて少ないイオン交換水をサンプル水として用い、界面動電処理による水分子の構造に及ぼす効果を評価した。処理媒体にはイオン交換を行わないセラミックスを用い、処理前後の構造状態を熱刺激・脱分極電流-温度測定法で評価、比較した。本処理法ではサンプル水に直流電場をかけて分極（双極子配向）させた状態で温度を下げ、分極を凍結させた後、等速で昇温させ、その過程で起こる脱分極時の緩和とピーク温度とその電流強度を測定することで構造状態を評価した。その結果、流動処理により処理前に比べ緩和とピーク温度は高温側にシフトした。これより、希薄水に対しては処理により水分子は拘束され、構造単位が大きくなり、分子運動性は低下することが判明した。

②無栽培条件で処理システムを作動させ、培養液中の主要構成イオンの分析を行った結果、イオン交換の影響は見られなかった。また、栽培実験の結果、草丈、葉幅、新鮮重、SPADの項目でセラミックス区（以下、処理区）が対照区に対し有意に大となった。収穫前1週間の培養液吸収量は処理区(7325g) > 対照区(5241g)となり、処理により吸収量が増加した。培養液の粘度は処理区 > 対照区となった。セラミックスは表面に負荷電（変異荷電）を有しており、界面動電処理の処理媒体としての利用は培養液の分子構造を変化させ、植物の生育制御と高品質化に寄与するものと推察された。一方、処理媒体の材料や形状の違いは、界面動電処理の効果発現や植物の生育に影響すると考えられた。

(3) プラスチック水槽（長さ：530mm、幅：330mm、高さ 170mm、培養液量 15L）、送液ポンプ（MD-6ZA, IWAKI）、流量調節バルブ、流動層（セラミックス(200g)を投入、直径50mm、高さ 150mm）で構成したインキュベータ内（25℃）の養液栽培装置において、栽培期間中は常に送液ポンプを作動させ、流動層の下部から上部へ培養液を送った。培養液は流動層を通過した後、再び水槽へ戻るように循環させ、流量は 4.0L/min に設定した。①トマト‘ハウス桃太郎×マグネット’を供試した発芽・初期生育試験の結果、茎・葉・根の新鮮・乾物重はともに処理区 > 対照区となった。苗を移植し、グリーンハウス内のNFT栽培試験を行った（定植後、第3花房開花後、上2葉を残して摘心、培養液は大塚ハウスA処方（EC1.0dS/m³）を使用）結果、栽培期間中のpHは処理区で6.5~8.0、対照区で5.0~7.0で変化し、処理区はアニオン・カチオンともより多く吸収された。収穫後の遊離アミノ酸分析の結果では、機能性成分（抗酸化性成分）に差が生じた（表1）。

②培養液の無交換方式による連続栽培に

おいては、pHの変動係数は処理区6% < 対照区11%となり、培養液の緩衝能は処理区 > 対照区を示した（図2）。培養液の構造的な状態変化は、両試験区間の生育に大きな差として現れ、根における吸収量を比較（図3）すると、処理区 > 対照区であった。

水・培養液の環境悪化によるストレスは通常の栽培で生じやすいが、界面動電処理を行った処理区では根の周辺の培養液に構造的な変化が生じ、界面活性効果が現れる。これが培養液の断熱効果となり、環境ストレスに対して根の適応性が早まるとともに、早期に細根や根毛の発達が旺盛となり、養水分の吸収が促進されるといえる。

以上、ゼータ電位を有するセラミックスを用いた界面動電処理による培養液の構造的な状態変化は、生育に大きな差として現れ、根における吸収量を比較すると、処理区 > 対照区であった。NFT栽培試験の結果から、培養液を処理することにより、培養液の水素結合が増し（培養液の液質に変化が生じ）、根からの養水分吸収と生育が促進された。また収穫時の遊離アミノ酸含有量も増加した。これらの結果、界面動電処理による培養液の構造制御法の基礎的データが明らかとなった。

表1 収穫トマトの遊離アミノ酸分析

	Ceramics Treatment (mg/100gFW)	Control (mg/100gFW)
Asp	1.24	0.94
Ser	1.33	1.19
Glu	3.38	2.74
Gly	1.83	2.21
His	1.75	1.51
Arg	0.38	0.38
Thr	0.48	0.40
Ala	1.12	0.96
Pro	0.65	0.72
Val	0.19	0.15
Lys	0.14	0.11
Ile	0.22	0.17
Leu	0.05	0.05
Phe	0.19	0.21

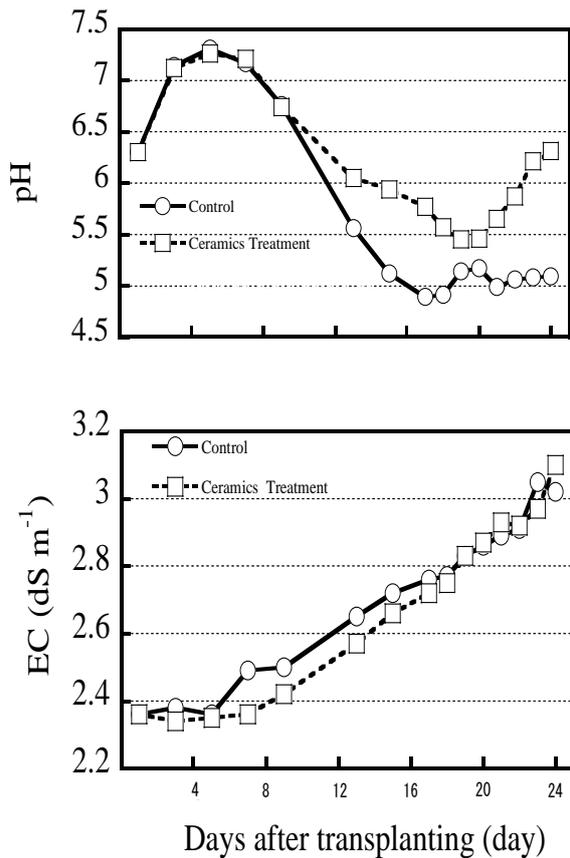


図2 栽培期間中のpHとECの変化

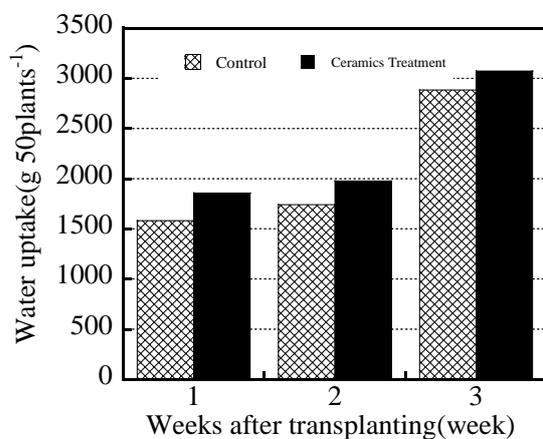


図3 根における吸収量の比較

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

- ① Azad, Md. A. K., Islam, N., Ishikawa K., Quartz porphyry treatment alters irrigation water chemistry, affecting hydroponic vegetable production, Journal of Plant Nutrition, 査読有, 33, 2010, 1712-1715
- ② Sheheli Islam, Katsumi Ishikawa, Utilization of Bakuhan seki for the removal of cationic dye from aqueous solutions, Journal of Food Agriculture and Environment, 査読有, 8, 2010, 1352-1356
- ③ S. Islam, H. Tomoko, K. Ishikawa, N. Takeda, Growth and Fruit Quality Responses of Hydroponically Cultivated Eggplants to Mineral Controlled Deep Sea Water, Journal of Plant Nutrition, 査読有, 33, 2010, 1970-1979
- ④ Sheheli Islam, Kumagai Kazunori, Katsumi Ishikawa, High Quality Komatsuna (*Brassica rapa* L. nothovar) Production by Using Silicate Minerals Treated Nutrient Solution, American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 査読有, 4, 2009, 12-17
- ⑤ S. Islam, H. Tomoko, K. Ishikawa, Effects of the Addition of Mineral Controlled Deep Sea Water to a Nutrient Solution on Growth, Fruit Yield and Quality of Hydroponically Cultivated Eggplants, Acta Hort, 査読有, 837, 2009, 293-298
- ⑥ Md. Abul Kalam Azad, Katsumi Ishikawa and Naima Islam, Effects of a pH-buffer nutrient on growth and development of Komatsuna (*Brassica rapa*) plants grown in hydroponics. Journal of Plant Nutrition, 査読有, 32, 2009, 537-548
- ⑦ Takahiro Yoshimura, Md. Abul Kalam Azad, Katsumi Ishikawa, Non-thermal treatment with quartz porphyry influences on stable production of komatsuna hydroponically, Acta Hort, 査読有, 824, 2009, 152-162

- ⑧ Azad, Md. A. K., Yoshimura, T., Ishikawa, K., Islam, N. and Islam, S., Fluctuation of viscosity of a nutrient solution in a fluidization treatment with ceramics influences plant production, Journal of Food Agriculture and Environment, 査読有, 6, 2008, 422-425, .
- ⑨ Islam, S., Takeda, N., Ishikawa, K., Azad, Md. A.K. Water treatment with silicate minerals and its effect on early growth of radish plant (*Raphanus sativus* L.), Journal of Food Agriculture and Environment, 査読有, 6, 2008, 177-181, .

[学会発表] (計 17 件)

- ① 日榎翠, 海藻酵母水の農業利用に関する研究, 第 69 回農業機械学会年次大会, 2010. 9.14, 愛媛県・愛媛大学
- ② 石川勝美, 高知県における施設園芸の展開, 日本生物環境工学四国支部 2010 年大会, 2010. 11. 16, 徳島県・徳島県立農林水産技術支援センター
- ③ 石川勝美, 省エネ高品質野菜生産のための培養液の環境制御に関する研究, 農業機械学会関西支部例会, 2009.3.10 京都府・京都大学
- ④ Katsumi Ishikawa, The Structural Control of Nutrient Solution for Stable Production of High Quality Vegetables in Greenhouses, ISHS, GreenSys2009, 2009.6.15 カナダ・ケベック Loews Le Concorde Hotel
- ⑤ 石川勝美, 高品質野菜生産のための培養液の省エネルギー環境制御に関する研究, 日本生物環境工学会 2009 年大会, 2009.9.7, 福岡県・九州大学
- ⑥ Sheheli. Islam, Electro kinetic treatment on germination and Early Seedling Growth of Tomat, SEST2009, 2009.9.27, スペイン・ムルシア LA TORRE POLA RIS HOTEL
- ⑦ 石川勝美, 海洋深層水の構造機能と施設園芸への利用. 海洋深層水利用学会全国大会, 2009.11.12, 高知県・室戸市保健福祉センター
- ⑧ Sheheli. Islam High quality eggplant seedling production by electrokinetic treatment using granular ceramics under varying source of Ca and Mg, 海洋深層水利用学会全国大会, 2009.11.12, 高知県・室戸市保健福祉センター
- ⑨ Islam, S, Effects of the Addition of Mineral Controlled Deep Sea Water to

a Nutrient Solution on Growth, ISHS, 2008.8.04, Bangkok, Thailand.

- ⑩ 石川勝美, 低負荷農業と変異荷電の利用. 文理シナジー学会, 2008.5.16, 東京都渋谷区・日本アムウェイ
- ⑪ 竹田紀子, 界面動電処理による培養液の構造変化, 日本生物環境工学会, 2008.9.8, 愛媛県、愛媛大学

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 農業用培養液の構造制御装置

発明者: 石川勝美

権利者: 高知大学

種類: 特許

番号: 特願 2008-224424

出願年月日: 平成 20 年 9 月 2 日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石川 勝美 (ISHIKAWA KATSUMI)

高知大学・教育研究部自然科学系・教授

研究者番号: 20117419

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし