

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 29 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24580371

研究課題名(和文) 酸素ストレスを応用した高機能性根菜類生産のための新規環境調節に関する研究

研究課題名(英文) Study on new techniques of environmental control for production of high functional root crops applying oxygen stresses

研究代表者

江口 壽彦 (Eguchi, Toshihiko)

九州大学・生物環境利用推進センター・准教授

研究者番号：40213540

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：軽度の酸欠で活性酸素種(ROS)が生じ、これを消去する抗酸化物質の生成が促進されるといふ植物生理学的根拠から、高機能性根菜類の効率的生産に資する研究を試みた。サツマイモ塊根にROSを生じうるガス交換阻害(塊根表面を濡らす)処理を短時間施すと、肥大に影響なく、-トコフェロール含量が増加した。この時、塊根では軽いストレスが生じていることを電解質漏出で確認した。ROSを生じうる高温処理を短時間施した場合もストレスが生じていた。このように、一時的なガス交換阻害や高温処理によって塊根肥大・品質に影響ない軽度な酸素ストレスを生じさせて抗酸化物質含量を増加させる環境調節が実用可能であることを示した。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to develop new techniques of environmental control for production of high functional root crops on the plant-physiological basis that antioxidant synthesis is activated to eliminate reactive oxygen species (ROS) generated under slight oxygen deficiency. Short-term gas exchange inhibition, which might generate ROS, applied to sweetpotato tuberous roots. The treatment increased -tocopherol content in the tuberous root without inhibition of the root thickening. Electrolyte leakage from the tuberous root cells showed that the treatment caused slight stress within the roots. Short-term high temperature treatment applied to the tuberous root also caused the similar stress within the roots. From these results, environmental control techniques that cause slight oxygen stress temporarily in the storage organs of root crops are considered to be practical for production of high value root crops that contain high antioxidant content.

研究分野：農学

キーワード：根菜類 環境制御 酸素ストレス 抗酸化物質 機能性強化

1. 研究開始当初の背景

「医食同源」の考えが再評価され、野菜の持つ機能性に関心が高まっている一方で、市販の野菜の栄養価・機能性が低下している。そのため、食の安全・安心に立脚した高機能性野菜生産の技術開発が求められている。しかし、根菜類については、その面での研究が滞滞している状況にあった。

2. 研究の目的

植物が本来から有する酸素ストレスへの反応機作を応用した、環境調節による根菜類機能性強化の可能性を検証する。酸素ストレスの誘導にはコスト・安全の両面を重視した処理法を採用し、品質を損なうことなく可食部の抗酸化物質含量を増加させるのに有効なストレス適用法を明らかにする。

3. 研究の方法

環境調節によって低酸素状態を創出することにより ROS 発生=酸素ストレスを誘導させることで、この ROS を除去する抗酸化物質の生合成を促すことが可能と考えた。

まず、実験に不可欠な固形培地式養液栽培システム(温度、水分、酸素濃度等の地下部環境要因のモニターおよび地温調節が可能)を作製した。この栽培システムを気温・湿度が一定に維持されたファイトロンに設置し、再現性の高い実験条件下で低酸素状態をもたらす処理が根菜類貯蔵器官の生長および抗酸化物質含量に及ぼす影響を調べた。抗酸化物質(アスコルビン酸、 α -トコフェロール、 β -カロテン)の定量は現有的高速液体クロマトグラフ分析装置により行った。本課題では実用面を重視しており、養液栽培において容易かつ保安上の問題なく貯蔵器官に低酸素状態を創出可能な通気(ガス交換)阻害処理および高温処理を採用した。貯蔵器官内でのストレスの発生については、この器官の細胞膜の電解質漏出の変化により評価した。

4. 研究成果

実験に不可欠な固形培地式養液栽培システム(温度、水分、酸素濃度等の地下部環境要因のモニターが可能)を作製した。続いて、栽培システムを気温・湿度が一定に維持されたファイトロンに設置し、再現性の高い実験条件下で低酸素状態をもたらす処理が根菜類貯蔵器官の生長および抗酸化物質含量に及ぼす影響を調べた。

まず、2種の灌水法でサツマイモ塊根の表面が定期的に濡れる条件と濡れない条件を創出して栽培実験を行った。その結果、定期的な培地上面からの灌水は、底面から養液を供給した場合と比べて、塊根の肥大や木化程度には違いを生じないが、塊根に含まれる α -トコフェロール量を有意に増加させることを示した(図1)。これは、培地上面から灌水する度に塊根表面に一時的に水の膜が生

じて塊根内部への酸素の供給が阻害されるためと考えた。そこで、確実に塊根表面を濡らすことができる極短時間の冠水処理を採用することとした。なお、アスコルビン酸とトコフェロールは塊根の内部(肉質)に分布するが、ポリフェノールは皮層に分布するので、塊根内部で生じる低酸素ストレスは、肉質に存在するアスコルビン酸やトコフェロールの含量に影響すると考えられる。

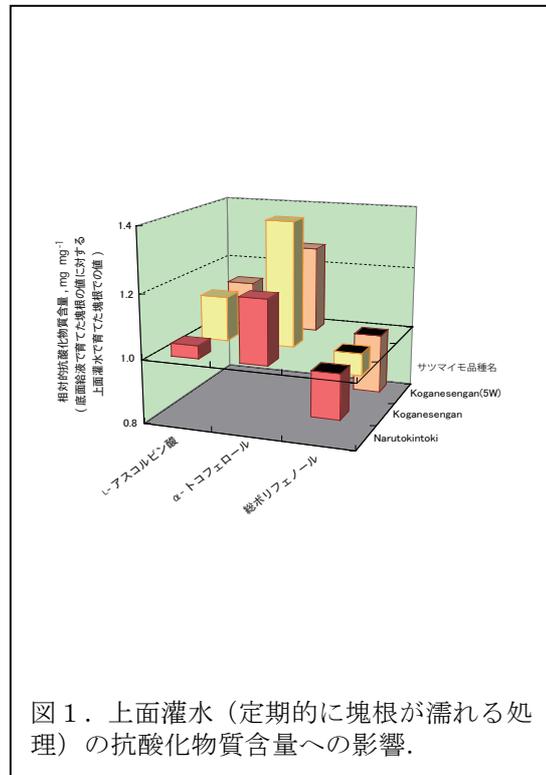


図1. 上面灌水(定期的に塊根が濡れる処理)の抗酸化物質含量への影響。

栽培期間中に、単数回、2回、あるいは3回の1分間の冠水処理を異なる時期に施した(図2, 次ページ)。その結果、冠水処理の有無、処理の回数・時期が塊根肥大に及ぼす影響は認められず、今回施した短時間の冠水処理は塊根の発達に影響しないことが明らかになった。また、抗酸化成分含量は、収穫直前の3日間隔の3回処理(図2B: 3-d)においてのみ有意な増加を示した。短時間の冠水処理によって塊根内部に確実にストレスが生じているかを電解質漏出により評価したところ、軽度かつ短時間ながらも同処理が確実にストレスをもたらしていることが明らかになった(図3, 次ページ)。そこで、冠水処理と同様に ROS 発生を誘導できると考えられる塊根への高温処理を施し、電解質漏出に冠水処理と同様の変化が生じるかを調査した。まず、国内外のサツマイモ研究者の中で本研究代表者江口のみが有する、特定のサツマイモ根を確実に塊根形成へ誘導し肥大させる栽培技術(水耕システム)(Eguchi and Yoshida, 2004)を応用し、ここで形成させた塊根に高温処理を施せる装置を付加した。これを用いて肥大中の塊根に短時間の高温処理を施して電解質漏出の変化パターン

を調べた結果、高温処理によっても冠水処理と同様なストレスが塊根内に生じていることを明らかにした（未発表）。すなわち、環境調節による軽度の高温ストレスの付与によっても塊根内に ROS 発生を誘導できる可能性を示した。

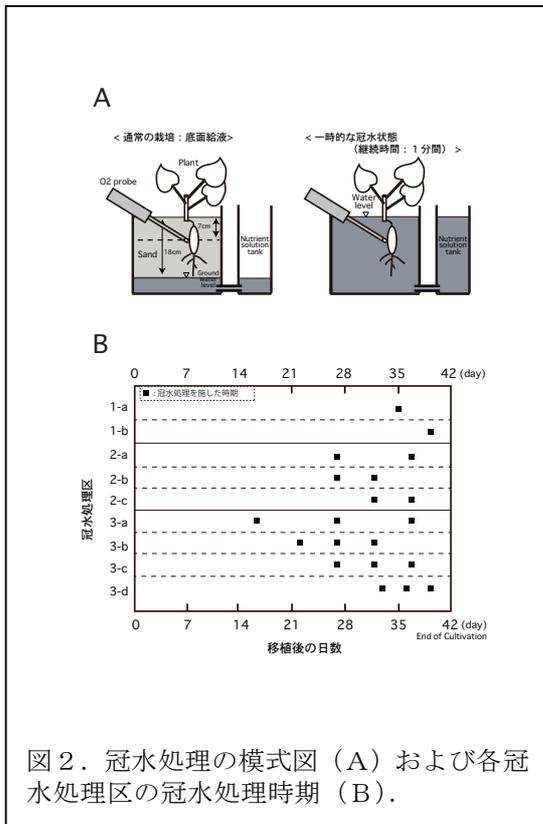


図 2. 冠水処理の模式図 (A) および各冠水処理区の冠水処理時期 (B)。

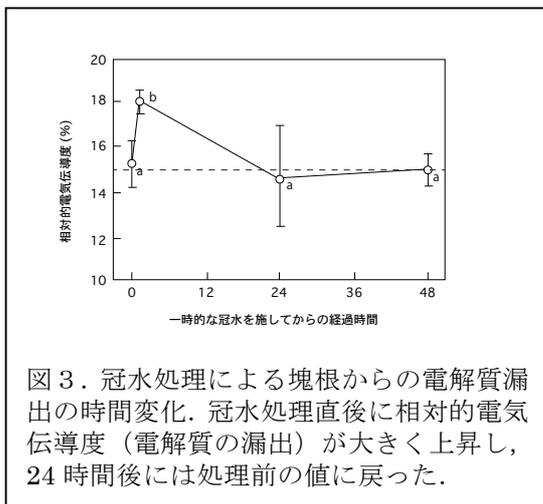


図 3. 冠水処理による塊根からの電解質漏出の時間変化。冠水処理直後に相対的電気伝導度（電解質の漏出）が大きく上昇し、24 時間後には処理前の値に戻った。

以上のように、サツマイモ塊根表面を一時的に濡れた状態にする等の極短時間のガス交換阻害、あるいは塊根周囲の温度を一時的に上昇させる短時間の高温処理によって、塊根の肥大・品質に影響しない程度の軽度な酸素ストレスを生じさせて塊根の抗酸化物質（ α -トコフェロール）含量を増加させる環境調節技術が実用可能であることを示した。

根菜類貯蔵器官に極短時間の低酸素ストレスを付与することで、貯蔵器官の成長や品質に影響することなく機能性を高める（抗酸化物質含量増加）という発想、および実現可能性を示した本研究に類するものは、国内外にはない独創的なものである。今後は、処理によって貯蔵器官内で実際に酸素濃度が低下しているかの検証、その際の遺伝子発現やそのエピジェネティックな制御メカニズムの解明、人為的な遺伝子操作や遺伝子発現の制御による更なる機能性向上技術の開発が必要と考えられる。

<引用文献>

Eguchi, T. and Yoshida, S. (2004) A cultivation method to ensure tuberous root formation in sweetpotatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). *Environmental Control in Biology* 42(4): 259-266

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 2 件)

① Eguchi, T., Ito, Y., Yoshida, S. (2015) Instantaneous flooding and α -tocopherol content in tuberous roots of sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). *Environmental Control in Biology* 53(1): 13-16. (査読有り)

② Eguchi, T., Ito, Y., Yoshida, S. (2012) Periodical wetting increases α -tocopherol content in the tuberous roots of sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). *Environmental Control in Biology* 50(3): 297-303. (査読有り)

[学会発表] (計 5 件)

① 江口 壽彦, 伊藤 祐二, 吉田 敏, 一時的な冠水がサツマイモ塊根に及ぼす影響, 日本生物環境工学会 2014 年東京大会, 2014.09.11. 明治大学 (東京都)

② 細見 彬, 江口 壽彦, 吉田 敏, イチゴ苗の根系発達におよぼす培養液濃度の影響, 平成 26 年日本生物環境工学会・日本農業気象学会九州支部合同大会, 2014.11.20. 九州沖縄農業研究センター (熊本県)

③ 江口 壽彦・伊藤 祐二・吉田 敏, 短時間の冠水処理の時期および回数がサツマイモ塊根の抗酸化物質含量に及ぼす影響, 日本生物環境工学会 2013 年高松大会, 2013.09.05. 香川大学 (香川県)

④ 江口 壽彦・田中 宏幸・吉田 敏, 制御環境下におけるカラスビシャク の 固形培地耕 (1) 地下水位の影響, 平成 25 年日本生物環境工学会・日本農業気象学会九州支部合同大会, 2013.11.23. 佐賀大学 (佐賀県)

⑤ 江口 壽彦・伊藤 祐二・吉田 敏, サツマイモ塊根 α -トコフェロール含量と短時間の冠水処理, 日本生物環境工学会 2012 年東京大会, 2012.09.07. 東京大学 (東京都)

6. 研究組織

(1)研究代表者

江口壽彦 (EGUCHI, Toshihiko)

九州大学・生物環境利用推進センター・准
教授

研究者番号：40213540