

植物工場栽培のサニーレタスは旨み成分を多く含み、苦み成分が少ない
～栽培環境による味の特徴を明らかに～

研究成果のポイント

1. 統合メタボローム解析¹⁾により、商用植物工場および土壌栽培したサニーレタスの味覚成分や機能性成分の組成の違いを解明しました。
2. 作物の部位や品種よりも、栽培環境の違いが、味や機能性に関わる代謝物の組成に大きく寄与していることがわかりました。
3. 味をカスタマイズする栽培条件を探索することにより、植物工場を用いた高付加価値農産物の安定的生産システム開発への貢献が期待されます。

国立大学法人筑波大学 生命環境系 草野都教授、株式会社キーストーンテクノロジー 岡崎 聖一代 表取締役社長、国立研究開発法人理化学研究所らの研究グループは、RGB(赤色、緑色、青色)LED独立制御型植物工場で栽培したサニーレタスが、まったく同じ組成の液体肥料を用いて土壌栽培したものと比較したときに、見た目の違いだけでなく味や機能性などに関連する代謝物群の生産に影響することを、統合メタボローム解析により世界で初めて明らかにしました。

屋内栽培型の植物工場における野菜は、一般的に土を使わず液体肥料を用いて栽培されています。本研究では、市場でよく出回っている2品種のサニーレタスに対して、同じ液体肥料と光強度を用い、実際に市場に出荷する野菜を栽培・出荷している植物工場および土壌で栽培し、それぞれ得られたレタスの葉について、2種類の高性能質量分析計(GC-MS²⁾およびLC-MS³⁾による統合メタボローム解析を行いました。その結果、代謝物プロファイルの差異については、植物体の部位や品種の違いよりも栽培環境の違いが大きく寄与することがわかりました。また、メタボロームデータの詳細な解析により、商用植物工場で栽培したサニーレタスは、土壌栽培したものよりも旨み成分であるアミノ酸類を多く蓄積し、苦み成分であるセキステルペンラクトン類の蓄積は抑制されることも明らかとなりました。

本研究は、これまでの植物工場の栽培条件を模倣したいわゆる「実験室レベル」の研究とは異なり、実際に商用利用されている栽培システムを用いて栽培したサニーレタスについて、その代謝物群の量的・質的变化を詳細に解析した初の試みであり、様々な農産物の栽培条件を評価する上で重要な知見になると考えられます。また、今回用いたメタボローム解析技術は、植物工場で栽培される野菜の「味」や「機能性成分」をカスタマイズするための指標として利用できます。この方法は中身(代謝物)を見てから栽培条件の詳細な検討を進めるといった、今までと逆のアプローチであり、味や機能性などの特徴を付与した高付加価値農産物の生産技術の開発への貢献が期待できます。

本研究の成果は、2018年6月27日付「Frontiers in Plant Science」で公開されました。

* 本研究は、平成28年度国立大学法人運営費交付事業フードセキュリティー実現のための循環型研究拠点の構築によって実施されました。

研究の背景

植物工場は、植物の生長に重要な要素である温湿度、光質、培養液等を制御し、閉鎖的環境下で生育することにより、天候に左右されない野菜の安定かつ安全な供給を可能にします。一方で、生産コストが高いため、味や機能性成分等で付加価値を付与できるような、先進的な野菜栽培条件の検討が不可欠となっています。本研究グループではこれまでに、商用植物工場で主に栽培されている葉物野菜のひとつであるサニーレタスについて、栽培時に用いる LED の光質や光強度と有用代謝物の生産との関係を明らかにしています(参考文献)。本研究ではさらに、商用植物工場で主に栽培されている葉物野菜のひとつであるサニーレタスの品質について、土壌栽培のものと比較した際に代謝レベルでどのような差異があるのか、GC-MS および LC-MS を用いた統合メタボローム解析を用いて明らかにするとともに、指標代謝物群の探索を行うことを目的としました。

研究内容と成果

本研究では、実際の植物工場用に準じた栽培条件を用いており、土壌栽培においても液体肥料の組成や光源の光強度をできる限り同一となるようにしました。このような条件のもと、サニーレタス2品種(ブラックローズおよびレッドファイヤー)を 33 日間栽培し、収穫したサニーレタスに対して見た目(表現型)を観察しました。次に、それぞれの植物体の外葉および中葉をサンプルとして、GC-MS および LC-MS を用いた統合メタボローム解析を実施しました(図1)。

その結果、見た目について、植物工場栽培のサニーレタスは、土壌栽培のものと比較し、品種特有の褐色は観察できず、葉の形状も異なることがわかりました(図 2A)。また、メタボローム解析の結果、味に関連するアミノ酸や糖などの一次代謝物や機能性を有するような二次代謝物を含む約 300 個の代謝物が検出されました。各サンプルの代謝物プロファイルの比較から、サニーレタスの葉の部位(中央、外側、その中間の葉)による違いや品種の違いよりも、栽培環境の違いが代謝物組成に大きな影響を与えることが判明しました。また、植物工場で栽培したサニーレタスは土壌栽培で栽培したものと比較し、旨味成分であるアミノ酸の含量が高く、レタス特有の苦味成分であるセキステルペン類の含量が低いことが明らかとなりました(図 2B)。

今後の展開

これまで植物工場で栽培された野菜と屋外で土を使って栽培された野菜では、味や見た目が異なることは知られていました。今回の研究のように、野菜の成分そのものを直接比較することで、代謝物の種類や配合量と、私たちの味覚との相関を知る手がかりを得ることができます。今後さらに、光質や液体肥料の組成等の違いと代謝物成分の関係について詳細に解析していくことで、野菜の味や機能性をカスタマイズする栽培条件を導き出すという、従来とは逆のアプローチによる新たな高付加価値農産物産生につながることを期待されます。

参考図

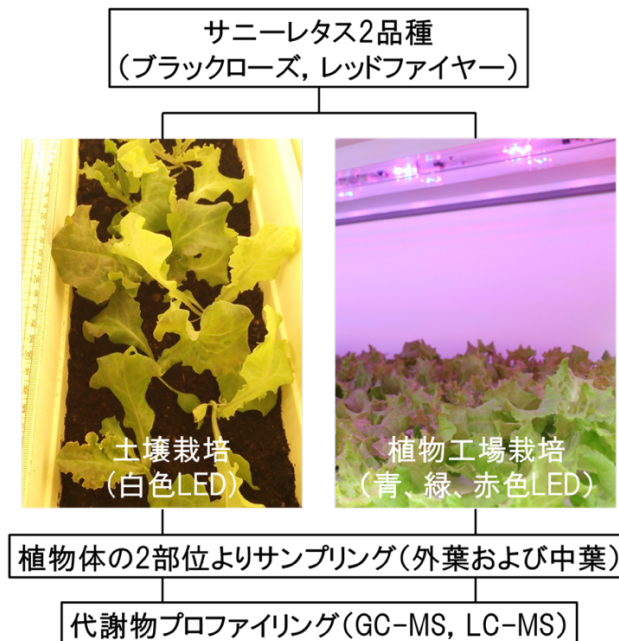


図1. 本研究の概要

サンニータス 2 品種は、液体肥料の組成や光源の光強度の条件を揃えた土壌および植物工場で 33 日間栽培しました。使用した LED 光源の波長は、土壌栽培は白色(400–800 nm)、植物工場栽培は青色(460 nm)、緑色(525 nm)のおよび赤色(660 nm)を使用しました。栽培した植物体の外葉および中葉よりそれぞれサンプリングし、メタボローム解析(代謝物プロファイリング)を行いました。

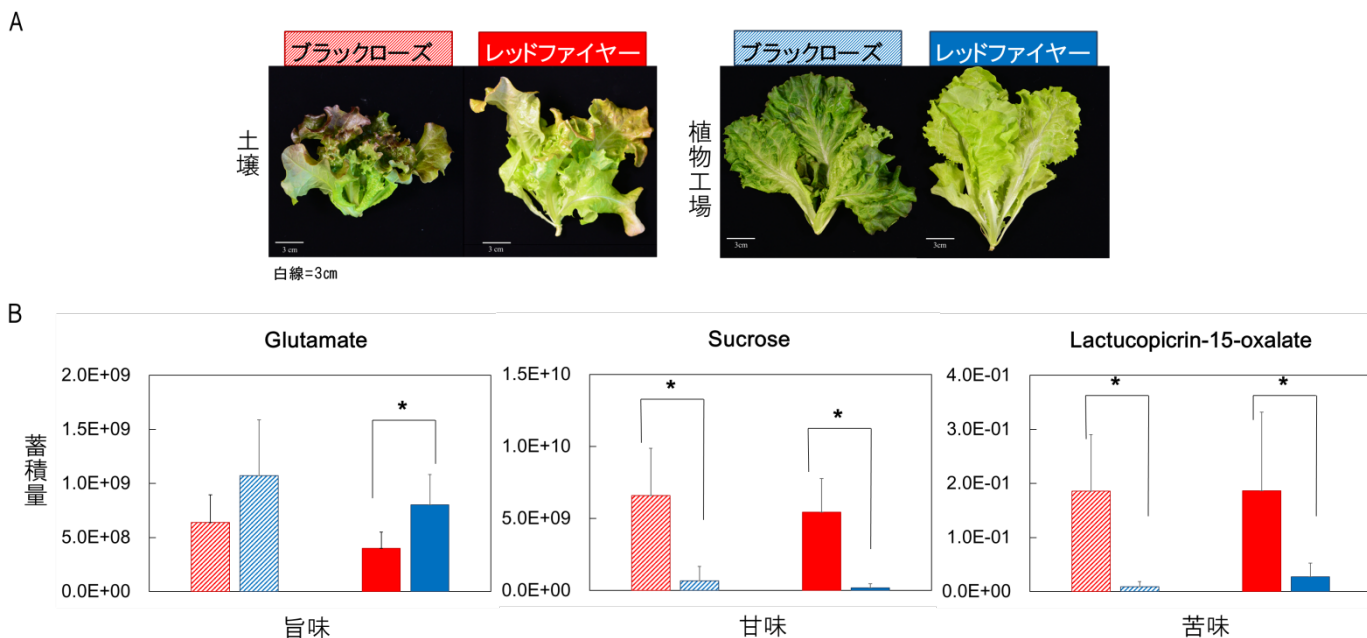


図2. 栽培環境の違いがサンニータスの見た目や味に及ぼす影響

(A)異なる栽培環境下で栽培したサンニータスの表現型。(B)メタボローム解析の結果から、栽培条件の違いで異なる蓄積パターンを示した味に関連した代謝物の一例を示しました。赤色の棒グラフは土壌栽培、青色の棒グラフは植物工場で栽培されたサンニータスの解析結果です。斜線がブラックローズ、塗りつぶしがレッドファイヤーを示します。縦軸は各代謝物の蓄積量となっています。

参考文献

Kazuyoshi Kitazaki, Atsushi Fukushima, Ryo Nakabayashi, Yozo Okazaki, Makoto Kobayashi, Tetsuya Mori, Tomoko Nishizawa, Sebastian Reyes-Chin-Wo, Richard W. Michelmore, Kazuki Saito, Kazuhiro Shoji, Miyako Kusano, Metabolic reprogramming in leaf lettuce grown under different light quality and intensity conditions using narrow-band LEDs, Scientific Reports (doi:10.1038/s41598-018-25686-0).

用語解説

注1) 統合メタボローム解析

動植物の生体内代謝物を質量分析計や NMR など複数の分析装置を用いて網羅的に測定し、生理学的に解釈する手法のこと。

注2) GC-MS(ガスクロマトグラフ-質量分析計)

気化した試料中成分を分離するガスクロマトグラフと質量を測定する質量分析計を組み合わせた装置。本研究では、一次代謝物を気化しやすいよう誘導体化したものを測定試料とした。

注3) LC-MS(液体クロマトグラフ-質量分析計)

試料中の二次代謝物を分離する液体クロマトグラフと質量を測定する質量分析計を組み合わせた装置。

掲載論文

【題名】 Metabolomic evaluation of the quality of leaf lettuce grown in practical plant factory to capture metabolite signature

(実用植物工場で栽培したサニーレタスの品質のメタボローム評価)

【著者名】 Yoshio Tamura, Tetsuya Mori, Ryo Nakabayashi, Makoto Kobayashi, Kazuki Saito, Seiichi Okazaki, Ning Wang, and Miyako Kusano

【掲載誌】 Frontiers in plant science

問い合わせ先

草野 都(くさの みやこ)

筑波大学 生命環境系 教授