

短 報

完全人工光型植物工場における食用ウチワサボテン生産を目指した研究

堀部貴紀

中部大学応用生物学部

要 旨

愛知県春日井市は大正時代からサボテン栽培が行われている全国的な産地であり、近年では食用ウチワサボテン(春日井サボテン)の消費拡大を目指した取り組みが行われている。しかし春日井市内における食用ウチワサボテンの生産量は少なく、食品加工業者からの需要に答えられていないのが現状である。さらに従来の温室における栽培では冬季にサボテンの生育が停止するため生産ができず、年間を通して安定供給することが困難である。食用ウチワサボテンはメキシコや地中海沿岸では健康的な野菜として日常的に消費されており、今後は国内でも食用ウチワサボテンの業務・加工用途への利用の需要の増加や安定生産の要望が高まると予想される。その解決策の一つとして、人工光型植物工場における周年安定生産・高付加価値化が考えられる。しかし、これまで食用ウチワサボテンは水耕栽培の研究対象として注目されておらず、食用ウチワサボテンの水耕栽培や人工光型植物工場での生産に関する知見は乏しい。そこで本報告では、食用ウチワサボテンの湛液型水耕栽培試験で得られた基礎的知見について報告する。

1. はじめに

ウチワサボテンは扁平で丸い茎節を有し、根を張った親茎節の刺座から新しい茎節(娘茎)を発生して積み上げるように成長する。発生して間もない柔らかな娘茎節は食用に利用することが多く、メキシコなど中南米地域や地中海沿岸地域で野菜として消費されている(Florian et al., 2005)。サボテンの成分の大部分は繊維と水分が占めているが、ウチワサボテンなどの一部のサボテンは糖代謝調節作用、脂質代謝調節作用、抗酸化作用などを示すことが報告されており、メキシコや地中海沿岸では野菜としてだけでなく胃腸薬や便秘薬として民間療法にも用いられている(Shetty et al., 2012; 古庄ら, 2007)。

日本国内ではウチワサボテンの野菜としての知名度は低い、全国的なサボテン産地である愛知県春日井市では食用ウチワサボテン(春日井サボテン)の消費拡大を目指した取り組みが行われている。食用サボテンは市内ほぼ全ての農家で土耕栽培もしくはポット栽培により生産されているが、肥料管理に多大な労力を要し、また収益性も低いいため後継者不足が

深刻な問題となっている。従って、より簡易的で収益性の高い栽培法の確立が求められている。

土を使用しない水耕栽培では栽培の労力軽減や綿密な肥料管理が可能となる(Lakkireddy et al., 2012)。さらに土を使用した栽培では土壌病害や塩類集積への対応が課題となるが、水耕栽培でそのような課題も解消することができる。また近年、光源の種類が野菜の機能性に与える影響について調査が進められ、特定の波長の光がビタミン C などの機能性成分を増やすことが明らかとなっている(Zhang et al., 2015)。LED 照明や水耕栽培の利用によって春日井サボテンの機能性を高めることができれば、従来に比べ付加価値の高い作物の栽培につながると思われる。中部大学応用生物学部には平成 27 年 7 月に人工光型植物工場施設(植物工場パイロット実験施設)が設置された。本施設を利用することで、植物体に照射する光の波長に加えて、温度や湿度などの環境を複合的に制御することが可能となる。水耕栽培は一般的な温室でも実施可能であり、植物工場施設を利用して得られた成果は生産現場に還元することがで

きる。

これまで食用ウチワサボテンは水耕栽培の研究対象として注目されておらず、食用ウチワサボテンの水耕栽培や人工光型植物工場での生産に関する知見は乏しい。そこで本研究では、食用ウチワサボテンの湛液型水耕栽培試験で得られた基礎的知見について報告する。

2. 材料と方法

本研究では愛知県春日井市で生産された食用ウチワサボテン‘マヤ’を供試した。

実験 1. 食用ウチワサボテンの水耕栽培試験

食用ウチワサボテンが湛液型水耕栽培で生育が可能かどうかを確認するため、長さ・状態の異なる葉状茎(図 1):①長さ 20-22 cm 葉状茎, ②長さ 15-17 cm 葉状茎, ③長さ 20-22 cm 葉状茎の上側半分, ④長さ 15-17 cm 葉状茎の上側半分, ⑤長さ 20-22 cm 葉状茎の下側半分, ⑥長さ 15-17 cm 葉状茎の下側半分)を脱イオン水で満たした容器中に発泡スチロールで固定・保持し、葉状茎全体の新鮮重の変化を計測した。試験は人工気象器内(日本医化器械製作所)で行い、栽培期間中の環境条件は温度 25 °C, 相対湿度 70%, 日長は 12 時間明期/12 時間暗期, 光強度 $220-240 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ で管理を行った。



図 1 長さ・状態の異なる葉状茎を供試

実験 2. 植物工場施設における栽培試験(照射光の波長が生育に与える影響)

本実験は中部大学応用生物学部の植物工場パイロット実験施設内にて実施した(図 2)。長さを 13 cm にそろえた葉状茎を湛液型水耕栽培装置(中立電機)の栽培パネルに定植し、照射する光の波長がサボテ

ン娘茎節の発生や生育速度に与える影響を評価した。照射した光は赤色(ピーク波長:660 nm)、青色(ピーク波長:445 nm)、赤+青色(赤色光と青色光を等しい光強度で照射)の 3 種類である。全ての処理区において光強度を一定に設定し(栽培パネル上面において PPFD が $180 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、日長は 12 時間とした。栽培室の温度は 25 °C, 相対湿度 60-80%となるように管理し、培養液には OAT ハウス A 処方(推奨濃度)を用いた。



図 2 植物工場パイロット実験施設

3. 結果と考察

実験 1.

すべての処理区において葉状茎の刺座から発根と娘茎節の発生が認められ、また葉状茎全体の重量も増加した(図 3, 図 4)。本実験ではエアレーションを行わなかったが、根腐れの発生は確認されなかった。定植後の親茎節のサイズや厚さに大きな変化は見られなかったことから、観察された葉状茎重量の増加は根と娘茎節の伸長に起因すると思われる。葉状茎重量の増加速度と増加量は葉状茎の状態によって大きく異なり、サイズ(重量)の小さな葉状茎では栽培期間を通じた重量の増加量が小さくなる傾向が見られた(図 4)。発生直後の娘茎節と根は親茎節から水分の供給を受けて伸長する(Pimienta-Barrios et al., 2005)。サイズの大きな親茎節では娘茎と根に供給可能な養水分を多く蓄積していることや、娘茎節と根が発生する部位である刺座を多く持つことが影響したと思われる。さらに処理区によって差はあるが、葉状茎の重量増加は処理開始の数週間後から始まった。全ての処理区において処理開始 2 週間後から 3 週後に発

根が確認されたことから、葉状茎から根が発生し吸水を開始するまでに一定期間が必要であったためと思われる。また葉状茎の下側半分を使用した場合は上側半分を使用した場合よりも娘茎節の発生枚数が少なかったが(データ未掲載)、これは葉状茎の上端に多くの刺座が存在するためと考えられる。

人工光型植物工場では多段栽培により生産性を高めることができるため、栽培する植物の背丈は低いほうが望ましい。本実験の結果から、葉状茎の長さに関わりなく食用ウチワサボテンの湛液型水耕栽培は可能であるが、定植する葉状茎のサイズ(重量)が大きい方がその後の成長量大きいことが明らかとなった。また定植の際は娘茎節の発生する刺座を多く持つ葉状茎上側部分を用いた方が適当と思われる。

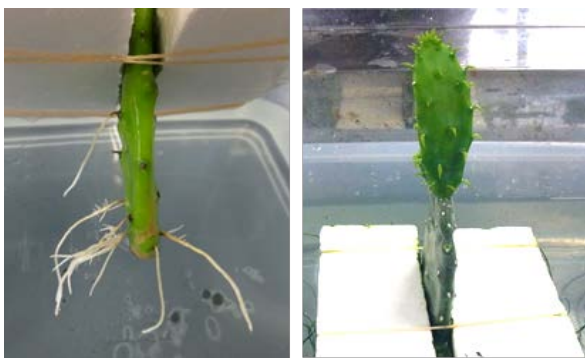


図3 親茎節から根(左)と娘茎節(右)が発生

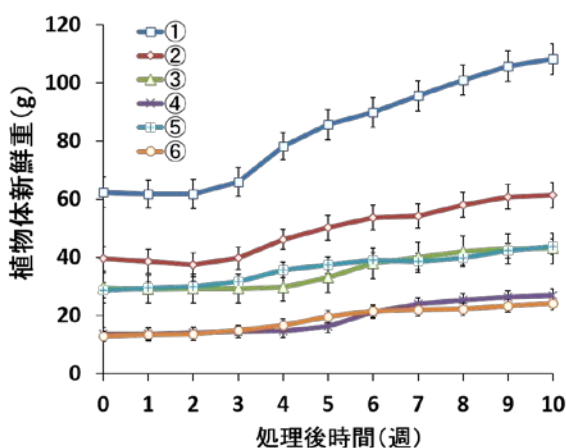


図4 葉状茎重量の変化

実験 2.

「植物工場」とは「野菜を中心とした作物を施設内で光、温度、湿度、二酸化炭素濃度、培養液などの環境条件を人為的に制御し、季節や場所に関係なく安

定的に生産するシステム」であり、本施設の利用により作物の安定生産以外にも多段栽培による収量増加や機能性向上による作物の高付加価値化などが可能となる。

娘茎節は全ての処理区で処理開始 2 週間後以降に発生が確認され、処理開始 7 週後まで増加を続けた(図 5, 図 6)。また青色光区では他の処理区に比べ娘茎節の発生が遅くなったが、処理開始 7 週後には処理区間で有意な差は認められなかった(図 6)。一方、娘茎節の伸長速度は赤色光区、赤色+青色区、そして青色光区の順に早くなった(図 6)。シロイヌナズナでは青色光がクリプトクロムを介した情報伝達経路を介してジベレリン合成を抑制させ伸長成長を抑制することが報告されており(Zhao et al. 2007)、サボテンにおいても類似の作用機構が存在するのかもしれない。ウチワサボテンでは発生して間もない柔らかな娘茎節を食用に利用することが多く、娘茎節の発生や伸長を促す技術は生産量の増加に繋がる。植物の伸長成長には赤色光と遠赤色光の比率が強く影響することが知られており(島ら, 2009)、今後はそれらが食用ウチワサボテンの生育に与える影響も調査していく予定である。

本研究により食用ウチワサボテンの湛液型水耕栽培は可能であること、また定植する葉状茎の状態や照射する光の波長が娘茎節の発生や成長に影響することが明らかとなった。現在は人工光型植物工場施設において、生育に最適な肥料濃度や栽培環境条件の探索、光の波長が生育や抗酸化作用などの機能性に与える影響の解析などを行っている。

近年、植物工場におけるリーフレタス、ホウレン草などの葉物野菜の栽培は一般的なものとなり、イチゴや薬用植物なども実用化を目指して研究が始まっている。しかし、食用ウチワサボテンの水耕栽培方法の確立や植物工場での生産を目指した研究はこれまでに報告されておらず、本研究が世界で初めての取り組みとなる。食用ウチワサボテンは中部大学のある春日井市の特産品であり、地元の産業と連携し地域活性化に貢献していく上でも本研究の意義は大きい。今後も研究を継続し、大学が地元の産業と連携し、

教育・研究活動を推進していける可能性を模索したい。

(A) 湛液型水耕装置



(B) Red



(C) Blue



(D) Red+Blue



図 5 照射光の波長が葉状茎の生育に与える影響を調査。栽培に使用した湛液型水耕栽培装置 (A)。処理開始 4 週後の様子 (B:Red, C:Blue, D:Red+Blue)。

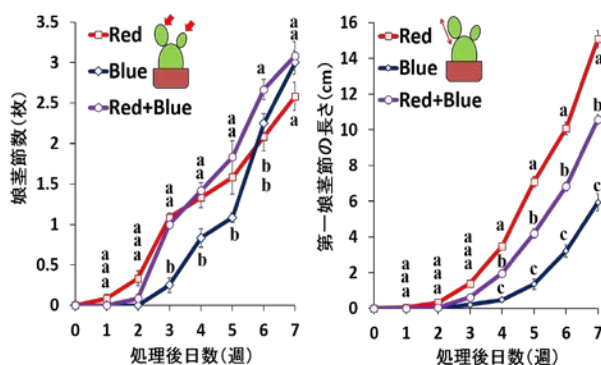


図 6 娘茎節数 (左) および第一娘茎節の長さ (右) の変化

引用文献

- 古庄律, 石田祐, 鈴野弘子, 齊藤守史, 三成由美, 徳井教孝, 印南敏. 2007. ウチワサボテン葉から抽出した水溶性食物繊維画分はⅡ型糖尿病ラットの食後血糖上昇を抑制する. 日本食物繊維学会誌. 11(1):15-22.
- Pimienta-Barrios, E., Zañudo-Hernandez, J., Rosas-Espinoza, V. C., Valenzuela-Tapia, A., Nobel, P. S. 2005. Young daughter cladodes affect CO₂ uptake by mother cladodes of *Opuntia ficus-indica*. Ann. Bot. 95:363-9.
- Shetty, A. A., Rana, M. K., Preetham, S. P. 2012. Cactus: a medicinal food. J. Food Sci. Technol. 49:530-6.
- 島 浩二, 川西 孝秀, 山田 真, 石渡 正紀, 住友 克彦, 久松 完. 2009. 明期終了時における遠赤色光照射の光強度および照射時間がスプレーギクの茎伸長に及ぼす影響. 園芸学研究. 8 (3):335-340
- Florian C. Stintzing and Reinhold Carle. Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. 2005. Mol. Nutr. Food Res. 49:175-194.
- Zhang L, Ma G, Yamawaki K, Ikoma Y, Matsumoto H, Yoshioka T, Ohta S, Kato M. 2015. Regulation of ascorbic acid metabolism by blue LED light irradiation in citrus juice sacs. Plant Sci. 233:134-42.
- Lakkireddy, K. K. R., Kasturi K., Sambasiva, R. K. R. S. 2012. Role of hydroponics and aeroponics in soilless culture in commercial food production. JAST. 1:26-35.
- Zhao, X., Yu, X., Foo, E., Symons, G. M., Lopez, J., Bendehakkalu, K. T., Xiang, J., Weller, J. L., Liu, X., Reid, J. B., Lin, C. 2007. A study of gibberellin homeostasis and cryptochrome-mediated blue light inhibition of hypocotyl elongation. Plant Physiol. 145: 106-118.

Title : Hydroponic culture of edible *Opuntia* aimed at production in closed-type plant facto-

ry

Author(s) : Takanori Horibe

Address(es) : Graduate School of Bioscience
and Biotechnology, Chubu University, 1200
Matsumoto-cho, Kasugai, Aichi 487-8501, Ja-
pan

Keywords : Edible *Opuntia*, hydroponics cul-
ture, plant factory, LED