

レタス水耕栽培における乳酸菌資材の添加効果について

栗原 頌¹, 有田 翔², 高山 勝己^{*1}

¹福井工業高等専門学校 物質工学科 (〒916-8507 福井県鯖江市下司町)

²バルテクス株式会社 (〒102-0083 東京都千代田区麴町五丁目 7 番地 2)

*takayama@fukui-nct.ac.jp

The effect of lactic acid bacteria addition on hydroponic cultivation of lettuce

Sho KURIHARA,¹ Sho ARITA,² and Katsumi TAKAYAMA^{*1}

¹Department of Chemistry & Biology Engineering, National Institute of Technology, Fukui College

(Geshi-cho, Sabae 916-8507, Japan)

²VERTEX Co., Ltd.

(5-7-2 Kojimachi, Chiyoda-ku, Tokyo 102-0083, Japan)

(Received May 31, 2023; Accepted June 26, 2023)

Abstract

Hydroponic cultivation in plant factories has been widely introduced, especially for leafy vegetables such as lettuce and herbs. This is due to the relatively easy prevention of plant pathogens and pests, easy control of nutrient content, and easy control of environmental factors such as humidity, temperature, and lighting. Improving the functional components such as vitamins and amino acids contained in vegetables and increasing the yield per unit area are extremely important for increasing the profitability of plant factories.

The purpose of this study is to investigate the effects of adding lactic acid bacteria (*Enterococcus* sp. HS-08), which was developed by the VERTEX corporation, on the growth and yield of lettuce in hydroponic cultivation. As a result, we confirmed the following: (1) Adding lactic acid bacteria to the hydroponic nutrient solution has little negative effect on the recommended physicochemical conditions (pH, EC, and ORP) for lettuce cultivation. (2) The application of lactic acid bacteria improves the germination rate of lettuce seeds. (3) Its application possibly promotes lettuce growth and suppresses the accumulation of nitrate ions in the leaves after long-term cultivation.

Keywords: plant factory, hydroponic cultivation, lettuce, lactic acid bacteria, growth promotion, inhibition of nitrate accumulation, germination rate

1. 結論

植物工場における水耕栽培は、植物病原菌や害虫の防除が比較的容易であり(無農薬栽培が可能)、栄養成分の制御や気象の影響を受けない(気温や照明などの環境制御が容易である)ことからレタスやハーブを代表とする葉物野菜を中心に盛んに導入されてきた。一方で、工場の建造費や生産・維持管理費が高いことから、販売価格が割高となっ

てまいることが問題である。

このことから植物工場経営者には、高価な販売価格に見合う消費者の購入意欲を高めるような工夫が常に要求される。例えば、高栄養価や機能性成分(各種ビタミン類や GABA に代表されるアミノ酸)を高めた葉物野菜の生産である。一方で、単に植物工場の生産量(単位面積あたりの収量)を向上させることも、利益向上につなげるための検討要素である

と考える。

ベルテクス株式会社環境事業グループは、乳酸菌 *Enterococcus* sp. HS-08 株を活用した農業・畜産用資材の研究、製造、販売を行っている。HS-08 株は同社独自の乳酸菌である。マウスに給与することで、糞中 IgA 量および血中 IgA 濃度が増加することを確認し、免疫の向上に期待されることを報告している[1]。農業では、ホウレンソウの発芽率向上や稲における成長および発根促進効果の有用性が実証されている。また、本効果はゼリーに含まれる寒天やオリゴ糖によるものではなく、乳酸菌単体による効果であることも実証されている[2-3]。一方、畜産では飼料や飲水で乳酸菌を摂取することで子牛では血中および地鶏では血中と糞中の IgA 量の増加が確認されている[4-5]。また、搾乳牛では乳房炎の治療に使用する抗菌剤の使用を減少できることが実証されている[6]。

著者らは太陽光型ハウスでのトマト水耕栽培において、乳酸菌資材 (*Lactobacillus fermentum* 403 株) の投与効果 (葉面並びに養液添加) について検討したところ、収穫トマトに含まれるクエン酸、グルタミン酸、アスコルビン酸等の含有量が増加することを明らかにしている [7]。

本研究では、レタス水耕栽培において、栽培養液への農業用乳酸菌資材 (ラクト・ゼリー) の添加がレタスの成長、収穫量等にどのように影響するかを試験的に調べることを目的とした。

2 実験

実験に使用した簡易水耕栽培装置の全体概略図を図 1 に示した。栽培槽は 3 段式 (A, B, C) であり、各段上部から白色 LED 光を照射(照度: 4.1×1000 lx) できる。図 2 に示したように各栽培槽の右側にある小区画から小型水流ポンプで養液を汲み上げ、左側の大区画に送液し、大区画槽底部に設置した傾斜円筒パイプを通して、再び右側の小区画に養液が戻る仕組みとなっている (養液滞留防止)。

水耕栽培に用いる養液は以下の手順で調製した。アミノハウス S1 号 (大塚ハウス) と OAT ハウス 5 号 (OAT アグ

リオ) の混合肥料を、蒸留水 1 L に対して 77 g 溶かした溶液①と、OAT ハウス 2 号 (OAT アグリオ) を蒸留水 1 L に対して 50 g 溶かした溶液②をそれぞれ調製した。次に蒸留水 10 L に対し、溶液①と溶液②をそれぞれ 100 mL ずつ加えた。この養液を A、B、C の各段に約 20 L 注入した。フリルレタス種子*1 を水または養液に 15 分間含浸してから、各段の上蓋にある 8 つの小穴 (直径 3cm) に差し込んだウレタンスポンジキューブの切れ目に種子を 1 個ずつ播種した。播種から収穫までの期間中、室温は 20 °C に維持した。養液への乳酸菌資材の添加効果を検討するときは、A、B、C 各段に乳酸菌ゼリー (ラクト・ゼリー, ベルテクス株式会社)*2 を同社の使用推奨基準に従って 200 mL ずつ添加した。1 週間経過ごとに乳酸菌ゼリーを 200 mL 追加で添加した。

栽培開始直後から定期的にレタスの成長過程の写真記録しながら、養液の pH、電気伝導度 (EC)、酸化還元電位 (ORP) を、それぞれ HORIBA LAQUAwin-pH-11B、Mother Tool CD-4307SD、Eutech Instruments ORPtestr 10 を用いて測定した。フリルレタスを目視で十分成長したと判断されるまで栽培した後 (40 あるいは 50 日間)、それぞれのレタスの重量とレタスの葉に含まれる硝酸イオン濃度を HORIBA LAQUAwin NO₃-11 を用いて測定した。すなわち水耕栽培実験は乳酸菌有無の条件で栽培期間を 40 または 50 日間として 4 パターン実施した。

*1 栽培品種

製造元: 雪印種苗株式会社

種類: レタス

品種: フリルアイス

生産地: チリ

発芽率: 85 % 以上 (出荷時から保証 1 年程度)

栽培期間: 約 40 日 ~ 50 日程度

*2 ラクト・ゼリー

製造元: ベルテクス株式会社 環境事業グループ

原材料: 水・寒天・オリゴ糖・乳酸菌 (*Enterococcus* sp. HS-08 株、生菌数: 1.0×10^5 cfu/g 以上)

使用法：50～150 倍希釈で使用する。10 日に 1 回の添加を目安とする。

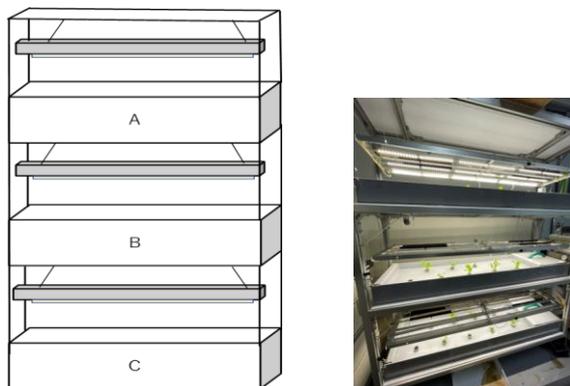


図1 栽培装置の全体概略
左:上方向 LED 白色光照射型 3 段式水耕栽培装置概略図、
右:水耕栽培装置実物前方向写真(栽培初期の頃)

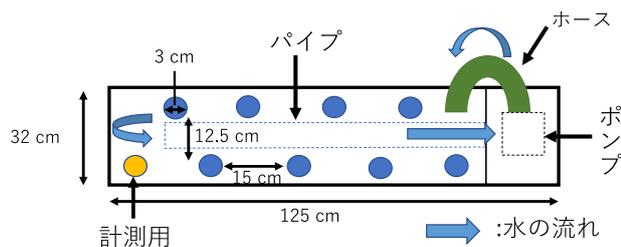
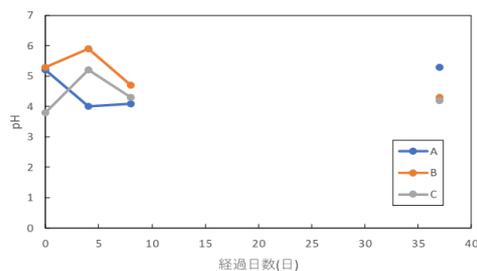


図2 栽培装置の各栽培槽を上方から見た時の概略図

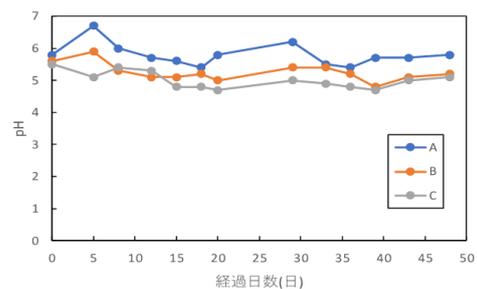
3 結果と考察

3.1 栽培期間中における養液の物理化学特性変化

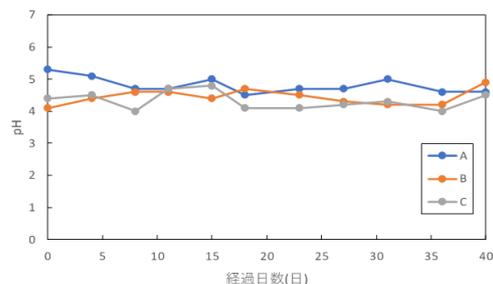
レタス水耕栽培期間中の各条件下（乳酸菌資材投与の有無、栽培日数40または50日）における段ごと（A, B, C）の物理化学特性値 pH、電気伝導度：EC、酸化還元電位：ORPの経日変化を図3（I～XII）に示した。全ての条件下で、養液栽培のpH値は、3.5～6.5、EC値は1.20～1.60 mS/cm、ORPは250～330 mV間の変動となっており、これらの値はレタスの水耕栽培における栽培条件の許容適正範囲にあり、よって養液への乳酸菌資材添加の物理化学的養液栽培環境への悪影響はなく、また栽培期間中における各段（A, B, C）の間の養液環境の顕著な相違も生じていないと判断した。



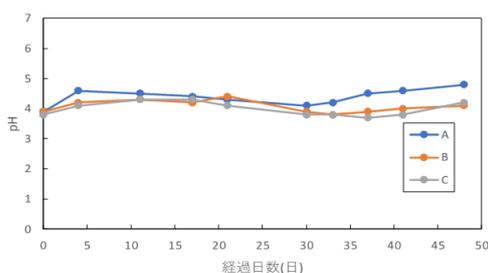
(I) 40 日栽培実験（乳酸菌無）



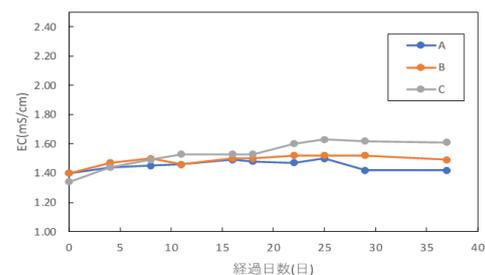
(II) 50 日栽培実験（乳酸菌無）



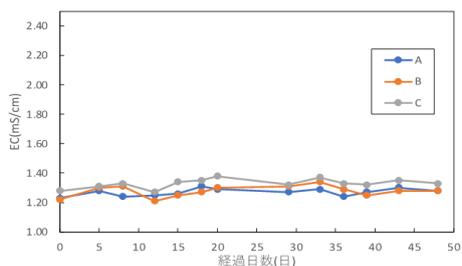
(III) 40 日栽培実験（乳酸菌有）



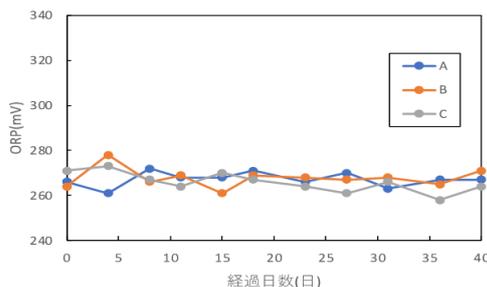
(IV) 50 日栽培実験（乳酸菌有）



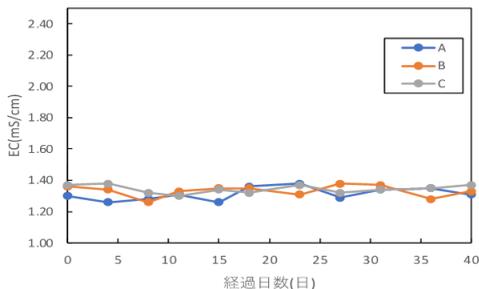
(V) 40 日栽培実験（乳酸菌無）



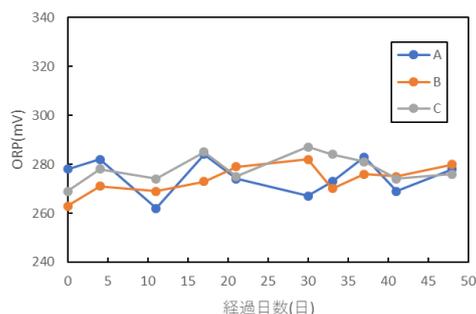
(VI) 50日栽培実験 (乳酸菌無)



(XI) 40日栽培実験 (乳酸菌有)

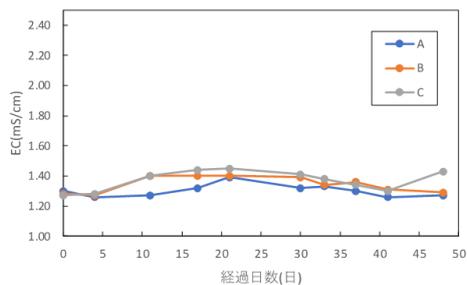


(VII) 40日栽培実験 (乳酸菌有)

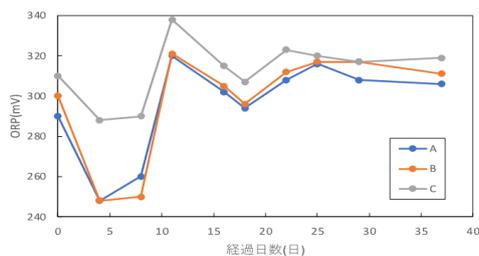


(XII) 50日栽培実験 (乳酸菌有)

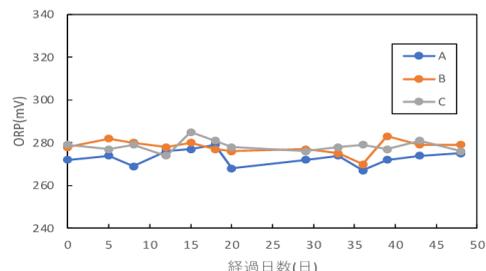
図3 水耕栽培期間中における各条件下での養液の物理化学物性値(pH, EC, ORP)の経日変化



(VIII) 50日栽培実験 (乳酸菌有)



(IX) 40日栽培実験 (乳酸菌無)



(X) 50日栽培実験 (乳酸菌無)

3.2 乳酸菌資材投与のレタス収穫物への効果

図4は、乳酸菌資材の養液添加のレタス発芽率(二葉が展開して発芽とみなす)への影響を段ごとに比較したものである。乳酸菌資材を添加することで、レタスの発芽率が無添加の場合 60~80% (種メーカー保証発芽率: 85%) であるのに対して、80~100%に改善されることがわかった。

乳酸菌資材の添加の有無での各段ごとの、レタスの成長変化(栽培期間40日での比較)の様子を図5(I)に示した。収穫直前(38日経過)の時点になると、乳酸菌を添加した場合に、無添加より成長が促進されていることがわかる。40日経過の段階で、レタスを収穫し重量と葉に含まれる硝酸イオン濃度を測定した結果を図5(II)に示した。乳酸菌資材を添加した事で、レタス重量が増える傾向にあることがわかる。硝酸イオン含有量は無添加の場合より添加の場合の方が10~280ppm程度の間で高くなる傾向となった。

一方、栽培期間50日とした場合のレタス成長の経日観

察結果を図 6 (I) に示した。50 日まで栽培期間を延長すれば、乳酸菌無添加の場合でも、添加したものと同程度まで成長させることができ、両者のみかけ上の成長差は殆どなくなった。なお乳酸菌を添加した方のレタスは、40 日以降になると、隣接するレタス同士の葉が重なるようになり、成長が抑制される。収穫時の重量と硝酸イオン含有量の比較を図 6 (II) に示した。栽培期間の延長により重量差は殆どなくなったが、葉への硝酸イオンの蓄積が高くなった。特に乳酸菌無添加栽培の場合における硝酸イオンの含有量が 40 日栽培の時に 1000 ~1290 ppm であったのに対し 50 日に延長すると、2700 ppm 程度まで著しく増大することが分かった。これに対して乳酸菌添加栽培の場合は、栽培期間の延長による硝酸イオンの上昇が小さく抑えられていることがわかる。なお、水耕栽培液に含有する硝酸イオン濃度は 500~1000 ppm である。

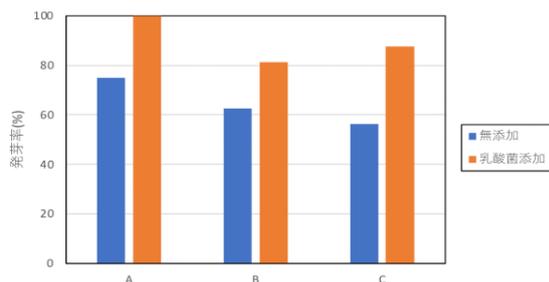


図 4 乳酸菌資材添加のレタス発芽率に対する効果

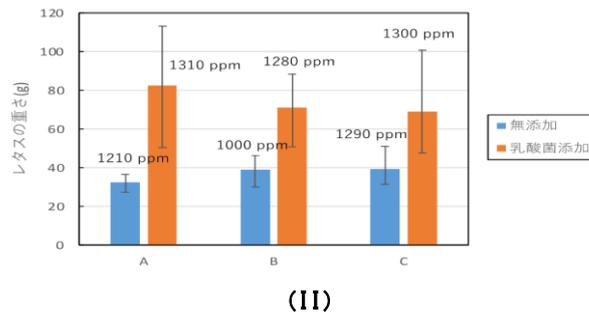
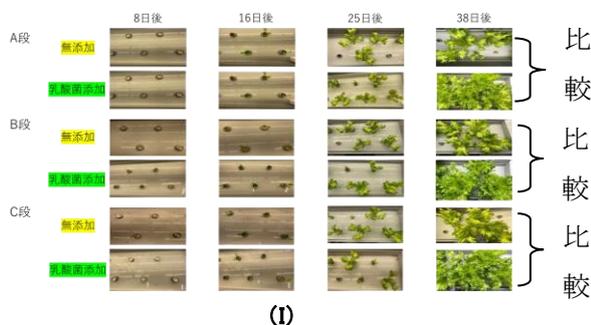


図 5 40 日間水耕栽培における (I) レタス成長経過と (II) 収穫物重量と硝酸イオン含有量 (図中数値) の比較

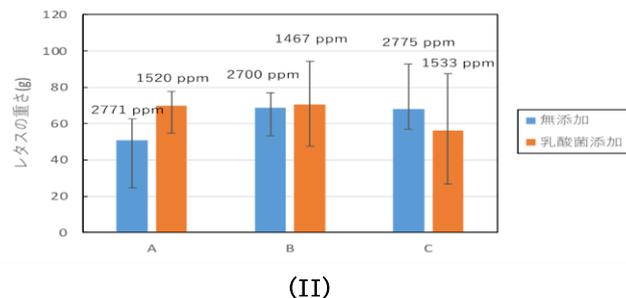
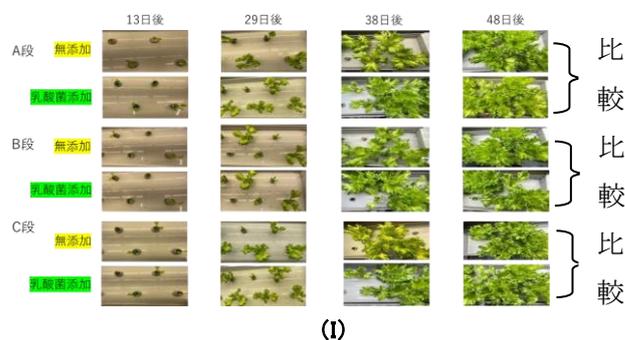


図 6 50 日間水耕栽培における (I) レタス成長経過と (II) 収穫物重量と硝酸イオン含有量 (図中数値) の比較

4 結論

レタス水耕栽培におけるバルテクス製乳酸菌資材の養液添加効果について検討した。その結果、1) 水耕栽培液への乳酸菌資材添加は、物理化学的栽培条件 (pH, EC, ORP) への顕著な変動は生じないこと、2) 乳酸菌資材の投与はレタス種子の発芽率向上に有効性を示していること、3) レタスの成長促進効果と長期栽培による硝酸イオン蓄積を抑制できる可能性があること (その理由は不明である) の 3 つを確認した。

これまでに様々な乳酸菌投与による農産物への抗菌や根伸長促進作用が報告されている [8-10]。本研究で対象としたベルテクス社製乳酸菌資材にもレタスの成長促進効果があることが示唆された。ここで、必ずしも乳酸菌が生菌体である必要はないと考えられ(養液添加後から数日間で生菌数は著しく減少することがベルテクス社による予備試験で実証済みである)、菌体を構成する生体成分(死菌体)あるいは、その代謝生産化合物が作物に有用な働きをしている可能性も考えられる。

今後は、栽培装置の規模を拡大(栽培段数を増やして、1回の実験におけるレタス栽培株数を増やすこと)し、ラクト・ゼリー製品に対する有効性検討における統計的検証の信頼性向上を図った上で、さらに将来的には乳酸菌資材がレタスの生育にどのように作用しているのかまで解明できればと考えている。

謝辞

本研究を実施するにあたり、白色 LED 照明型 3 段式簡易水耕栽培装置並びに養液肥料、栽培用関連資材等は無償で提供頂いたタイヨー電子株式会社様に深く感謝申し上げます。

引用文献

[1] 藤田早紀, 日本乳酸菌学会大会講演要旨集, 2019, p.24

- [2] 横山佳菜子, 株式会社ホクコン試験報告書(イネに対する乳酸菌の病害抵抗性誘導能の確認試験), 2020
- [3] 有田翔, ベルテクス株式会社試験報告書(乳酸菌 HS-08 株の種子発芽率への効果), 2023
- [4] 井上良太, 日本胚移植学雑誌, 2022, 43 巻, 3 号, p.163
- [5] 小林修一, 令和 4 年度中部地区獣医師大会及び獣医学術中部地区学会要旨集, 2022, p.42
- [6] 小林修一, 令和 3 年度中部地区獣医師大会及び獣医学術中部地区学会要旨集, 2021, p.38
- [7] 鈴木優, 齋藤佳奈子, 坂元知里, 定政哲雄, 川岸稔, 横山佳菜子, 松野敏英, 高山勝己, 技術・教育研究論文誌, **27**(1), 11-14(2020)
- [8] X. Li, B. Jiang, and B. Pan, Biotransformation of phenylpyruvic acid to phenyllactic acid by growing and resting cells of a *Lactobacillus* sp., *Biotech. Lett*, **29**, 593-597(2007)
- [9] X. Li, B. Jiang, B. Pan, W. Mu, and T. Zhang, Purification and partial characterization of *Lactobacillus* species SK007 lactate dehydrogenase(LDH) catalyzing phenylpyruvic acid (PPA) conversion into phenyllactic acid (PLA), *J. Agric. Food. Chem.*, **56**, 2392-2399(2008)
- [10] 安達祐介, 木村和彦, 三枝正彦, 渡邊肇, 根伸長促進物質 L-β-フェニル乳酸が水稻幼植物の生育に及ぼす影響, 新大農研報, **62** (2), 97-103 (2010)