研究論文

人工光リーフレタス栽培における培養液組成が生育と養分吸収に及ぼす影響

種村　竜太*　白川　正登*　馬場　大輔*　永井　智裕*　石井　治彦*

Effects of Nutrient Composition on growth and nutrient uptake of leaf lettuce

TANEMURA Ryota*，SHIRAKAWA Masato*，BABA Daisuke*，NAGAI Tomohiro* and ISHII Haruhiko*

抄　録

完全人工光リーフレタス栽培における最適培養液条件を明らかにするため，培養液の K・Ca 濃度や Mg 濃度が生育と養分吸収に及ぼす影響について検討した。培養液の K 濃度を高め，Ca 濃度を下げることによって生産性を高めるだけでなく培養液の成分バランスの乱れを抑えることが可能であることを明らかとした。また，培養液 Mg 濃度は 0.5～1.0me が適していると思われた。

1. 緒　言

植物に最適な環境条件を人工的に制御することが可能で，地域や季節を選ばず世界中どこでも周年生産が可能な完全人工光植物工場（植物工場）は，レタスを中心に増加傾向にある。植物工場では土耕栽培ではなく，土を使わない養液栽培が導入されている。養液栽培は土に代わる固形培地を使用する固形培地耕と，固形培地を使用しない水耕とに大別される[1]。レタスなどの葉菜類では水耕栽培が主流であり，DFT（湛液型循環式水耕，Deep Flow Technique）や NFT（薄膜水耕，Nutrient Film Technique）を採用してるケースが多い。

DFT や NFT において，現状では培養液中の個々のイオン濃度・組成の制御はされておらず，植物が吸収したことによる培養液の減少分を補水し，電気伝導率（EC）の数値が設定レベル以下になると濃厚肥料液が添加されるシステムが多く採用されている。しかし，EC は，あくまでも溶解している肥料成分の総量を示す数値であり，個々の成分濃度を把握することはできない，使用する培養液の組成と栽培する植物の養分吸収特性が合致していないと徐々に培養液の組成が乱れてくる。実際にレタス栽培においては，市販の養液栽培用肥料を用いて EC 制御を行うと，K が減少し，Ca・Mg・S が蓄積することが報告されている[2]。植物工場で生産されるレタスの播種から収穫まで期間は 40 日程度と短いため，培養液組成の乱れは生育の停滞や生理障害の発生を引き起こすことになる。

そこで，本研究では，人工光リーフレタス栽培における培養液の K・Ca 濃度や Mg 濃度が生育と養分吸収に及ぼす影響について検討した。

2. 材料および方法

2.1 栽培方法

試験は室温 20±1℃，相対湿度 70±5%の室内で行った。品種は‘ハンサムグリーン’（横浜植木）を供試した。11 月 20 日にウレタンキューブ（2.5cm×2.5cm×3.0cm）に播種し，発芽後は OAT－A 処方 1/4 濃度（EC 0.7dS/m）の培養液により育苗した。12 月 8 日にプラスチックコンテナ（W390×D540×H90mm）に 8 株ずつ定植し，湛液式水耕栽培（培養液量：7L）により原水に水道水（Ca 9.3ppm，Mg 2.6ppm）を用いて試験を行った。植物の吸水による減水分を随時水道水で補充し，2～3 日

*　下越技術支援センター

ごとに肥料を追加して EC を 1.4dS/m に調整した。定植後は培養液の循環や更新は行わず，栽培終了まで通気処理を行った。

2.2　定植後の培養液組成

2.2.1　培養液 K・Ca 濃度の検討（試験 1）

N 10me，P 1me，Mg 1me とし，K・Ca 濃度を K 8me・Ca 1me（K8Ca1 区），K 7me・Ca 2me（K7Ca2 区），K 6me・Ca 3me（K6Ca3 区）とした 3 試験区と，OAT-A 処方 1/2 濃度（N 9.3me，P 0.8me，K 4.6me，Ca 4.1me，Mg 1.5me）で管理した対照区を設けた。対照区を除く 3 試験区の微量成分は OAT-B 処方 1/2 濃度に準じた。K・Ca 濃度は硝酸 K と硝酸 Ca を用いて調整した。

2.2.2　培養液 Mg 濃度の検討（試験 2）

N 10me，P 1me，K 7me，Ca 2me とし，Mg 濃度を 0me，0.5me，1.0me，1.5me とした 4 試験区を設けた。Mg 濃度は硫酸 Mg を用いて調整した。微量成分は OAT-B 処方 1/2 濃度に準じた。

2.3　光環境条件

育苗時の光源には昼白色の Hf 蛍光灯（パナソニック(株)，FHF32EX-N-H）を用いた。定植以降は白色 LED（シャープ新潟電子工業(株)，ピーク波長 605nm，色温度 3000K）を用いた。図 1 に蛍光灯および白色 LED の分光特性を示した。

発芽から定植までの光強度（光合成有効光量子束密度：PPFD）は 200μmol・m^{-2}・s^{-1} とし，明期は 16 時間とした。定植後は明期を 16 時間とし，PPFD は試験 1 では 200μmol・m^{-2}・s^{-1}，試験 2 では 180μmol・m^{-2}・s^{-1} とした。

2.4　調査方法

12 月 29 日に収穫し，地上部の調整葉（黄化した葉などを取り除いた可食部の重量）の生体重を測定した。その後は 65℃で乾燥したのちに粉砕し，ケルダール分解を行い，イオンクロマトグラフィーにより成分分析を行った。また，定植時と収穫時の培養液成分の分析を行った。

3.　結果および考察

3.1　試験 1

植物工場でのリーフレタス栽培では Ca 欠乏に起因するといわれるチップバーンの発生が問題となるが，すべての試験区で発生しなかった（図 2）。地上部の古葉や黄化葉を除去した調整重は K8Ca1 区で対照区と比較して重く，K7Ca2 区と K6Ca3 区では対照区と同等であった（図 3）。ホウレンソウでは，養液栽培だけでなく土耕栽培においても K 供給量を増やすことによって生育が促進すると報告されている[3~5]。品目は異なるものの，本試験結果はこれらの報告と一致している。

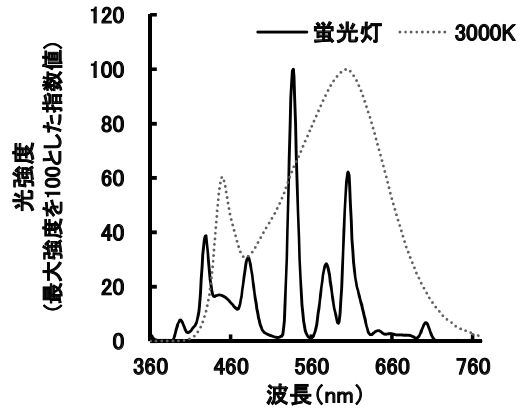

図 1　分光特性

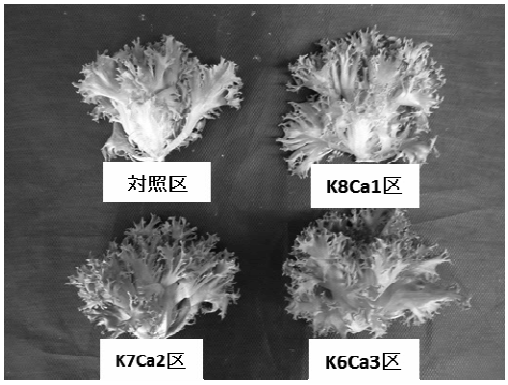

図 2　調整後の状況（試験 1）

葉の K 含有量は対照区と比較して K8Ca1 区，K7Ca2 区，K6Ca3 区で多くなったが（図 4），Ca 含有量に差はなかった（図 5）。K と Ca の間には拮抗作用があり，K が多すぎると Ca の吸収が抑制されることがある[6,7]。今回の試験で吸収した Ca 量は K の 10～14%であった。培養液の K に対して Ca の比率は，対照区の 0.89 に対して他の 3 試験区 0.13～0.50 と低く，拮抗作用により吸収量が低下する可能性があったにもかかわらず，差がなかった要因の一つとしてリーフレタスの Ca 要求量が小さいためと考えられる。

対照区では栽培終了時の培養液 K および Ca 濃度が定植時の 36%，139%となっていたのに対し，K8Ca1 区では定植時と栽培終了時で差はほとんどなかった（図 6，7）。

以上のことから，一般的な養液栽培用配合肥料の培養液組成と比較して K を高め，Ca を下げることにより生産性を高めるだけでなく培養液の成分バランスの崩れを抑えることが可能と考えられる。

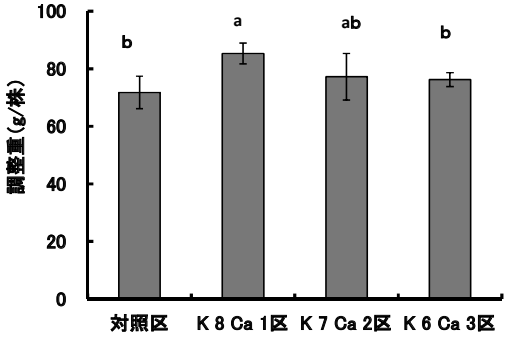

図 3　調整葉の生体重（試験 1）

同一アルファベット間は，Tukey 法により 5%水準で有意差なし

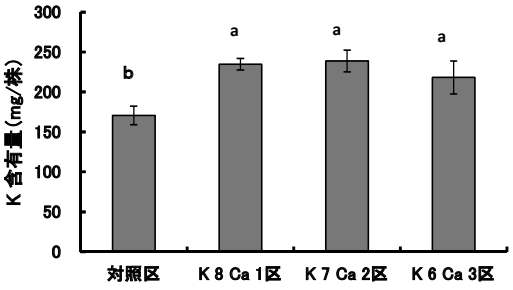

図 4　調整葉の K 含量（試験 1）

同一アルファベット間は，Tukey 法により 5%水準で有意差なし

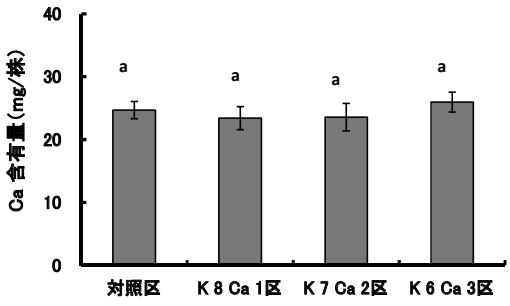

図 5　調整葉の Ca 含量（試験 1）

同一アルファベット間は，Tukey 法により 5%水準で有意差なし

3.2　試験 2

Mg0 区においても Mg 欠乏に起因する生理障害は発生せず，健全な生育を示した。調整重に培養液 Mg 濃度による差はなかった（図 8）。葉の Mg 含有量は Mg0 区では少なかったが，Mg0.5～1.5 区での試験区ごとの統計的な差は

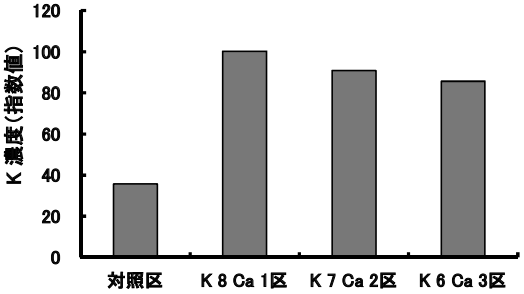

図 6　収穫終了時の培養液 K 濃度

（試験 1：定植時を 100 とした指数値）

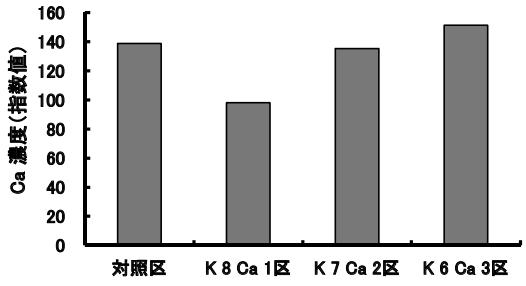

図 7　収穫終了時の培養液 Ca 濃度

（試験 1：定植時を 100 とした指数値）

なかった（図 9）。レタスでは，N・P・K の吸収速度は高濃度から 1me 程度の低濃度にわたる広い範囲で培養液濃度に直接的に影響されない[8]。培養液 Mg 濃度が 0.5～1.5me の範囲で Mg の含有量に差がなかったことから，Mg の吸収についても N・P・K と同様に培養液 Mg 濃度に影響されないと考えられる。収穫時の培養液 Mg 濃度は、定植時と比較して Mg0.5 区では 60%と低下したのに対し，Mg1.0 区では 123%，Mg1.5 区では 130%で上昇する傾向を示した（図 10）。

以上のことから，培養液の Mg 濃度は 0.5～1.0me とすることによって，生育を維持した状態で培養液 Mg 濃度の変動を押さえることが可能であると考えられる。

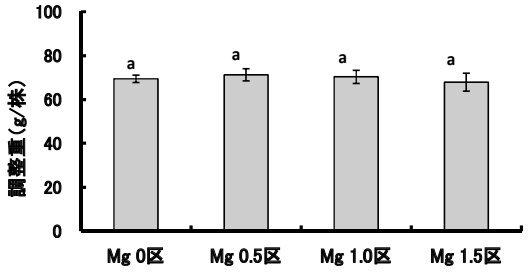

図 8　調整葉の生体重（試験 2）

同一アルファベット間は，Tukey 法により 5%水準で有意差なし

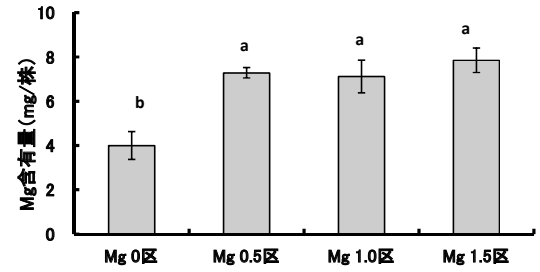

図 9　調整葉の Mg 含量（試験 2）

同一アルファベット間は，Tukey 法により 5%水準で有意差なし

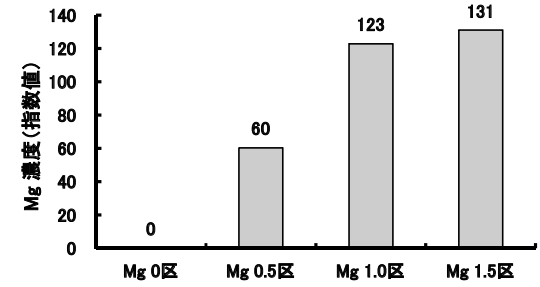

図 10　収穫終了時の培養液 Mg 濃度

（試験 2：定植時を 100 とした指数値）

4. 結　　言

（1）一般的な養液栽培用配合肥料の培養液組成と比較して K を高め，Ca を下げることにより，生産性を高めるだけでなく培養液の成分バランスの崩れを抑えることが可能。

（2）培養液の Mg 濃度を 0.5～1.0me とすることによって，生育を維持した状態で培養液 Mg 濃度の変動を抑えることが可能。

参考文献

1）日本施設園芸協会，日本養液栽培研究会，“養液栽培のすべて”，2012，pp.16-19.

2）種村竜太，内山雅彦，三村和弘，小林豊，“光質の違いがリーフレタスの生育・品質に及ぼす影響”，新潟工技総研研報，43，2014，pp.35-37.

3）位田藤久太郎，“根の生理と土壌管理　II 養分吸収”，野菜の栄養生理と施肥技術 2，誠文堂新光社，1971，pp.7-29.

4）中村武次郎，“葉菜類の生育と硝酸態窒素含有量”，農耕と園芸，58，1983，pp.587-588.

5）王秀峰，伊東正，“水耕ホウレンソウの生育，収量，葉中 NO3 含量に及ぼす培養液の硝酸態窒素制限とカリウム増与の影響”，園学雑，67（1），1998，pp.74-80.

6）田口亮平，“植物生理学大要”，養賢堂，1995，pp.141-145.

7）高橋英一，吉野実，前田正男，“原色　作物の要素欠乏・過剰症”，農文協，2000，pp.108-132.

8）丸尾達，篠原温，岩田正利，伊東正，“水耕レタスの無機成分吸収に及ぼす培養液濃度の影響”，園学雑，71（5），2002，pp.675-682.